



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**VYTÁPĚNÍ S VYUŽITÍM VELKOPLOŠNÝCH  
SÁLAVÝCH KONSTRUKCÍ**

HEATING WITH THE USE OF LARGE RADIATING STRUCTURES

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Bc. Andrea Lustigová

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR HORÁK, Ph.D.

**BRNO 2018**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav technických zařízení budov

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Andrea Lustigová
<b>Název</b>	Vytápění s využitím velkoplošných sálavých konstrukcí
<b>Vedoucí práce</b>	doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

---

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce s touto osnovou:
  - A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran
  - B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení  
Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti studie: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva  
Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;
  - C. Experimentální hodnocení vytápění pomocí velkoplošných sálavých konstrukcí
- j) závěr,
- k) seznam použitých zdrojů,
- l) seznam použitých zkratk a symbolů,
- m) seznam příloh,
- n) přílohy – výkresy

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá tématem – Vytápění s využitím velkoplošných sálavých konstrukcí. Teoretická část obsahuje rozdělení podlahového, stěnového a stropního vytápění. Toto téma je aplikováno v druhé části práce na zadané budově. Projekt řeší návrh přípravy teplé vody, stěnového vytápění a podlahového vytápění. Experimentální část se zabývá měřením stropního vytápění.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Podlahové vytápění, stěnové vytápění, plynový kondenzační kotel, zabezpečovací zařízení, příprava teplé vody

## **ABSTRACT**

This work deals with the topic – Heating with the use of large radiating structures. Theoretical part contains distribution underfloor heating, wall heating and ceiling heating. This topic is applied to the specified building. The project deals with preparing of domestic water, wall heating and underfloor heating. Experimental part deals with the measurement of ceiling heating.

## **KEY WORDS**

Underfloor heating, wall heating, gas condensing boiler, alarms systems, preparing of domestic water

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Andrea Lustigová *Vytápění s využitím velkoplošných sálavých konstrukcí*. Brno, 2018. 111 s., 54 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

---

Bc. Andrea Lustigová  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Petru Horákovi, Ph. D. za odborné vedení a čas, který mi věnoval při konzultacích.

# OBSAH

ÚVOD .....	3
A TEORETICKÁ ČÁST .....	4
2 Tepelná rovnováha a tepelná pohoda .....	5
3 Způsoby sdílení tepla do okolí.....	8
4 Sálavé vytápění.....	9
5 Teplovodní podlahové vytápění .....	10
6 Technické zásady a požadavky podlahového vytápění .....	12
7 Elektrické podlahové vytápění .....	14
8 Stěnové teplovodní vytápění .....	15
9 Stropní vytápění.....	17
10 Základní trubní materiály .....	17
11 Rozdělovací stanice pro podlahové a stěnové vytápění .....	19
B VÝPOČTOVÁ ČÁST .....	21
1 Analýza objektu.....	22
2 Výpočet tepelného výkonu .....	23
3 Výpočet podlahového vytápění (VARIANTA A).....	29
4 Výpočet stěnového vytápění (VARIANTA B).....	42
5 Návrh oběhových čerpadel podlahového vytápění (VARIANTA A) .....	44
6 Návrh oběhových čerpadel stěnového vytápění (VARIANTA B).....	51
7 Návrh přípravy teplé vody .....	58
8 Návrh zdroje tepla .....	61
9 Zabezpečovací zařízení (VARIANTA A) .....	61
10 Zabezpečovací zařízení (VARIANTA B) .....	63
11 Návrh ostatních zařízení (VARIANTA A).....	66
12 Návrh ostatních zařízení (VARIANTA B).....	66
13 Návrh větrání technické místnosti .....	67
14 Roční potřeba tepla a paliva .....	69
15 Technická zpráva (VARIANTA A) .....	72



16	Technická zpráva (VARIANTA B).....	74
17	Hodnocení použitých variant.....	76
18	Technické listy zařízení .....	77
C	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	80
1	Úvod do experimentálního měření teplovodního stropního vytápění .....	81
2	Schéma měřené učebny .....	82
3	Fotografie měřené místnosti .....	84
4	Použitá čidla a zařízení .....	85
5	Výsledné grafy průběhů naměřených teplot.....	92
6	Maximální a minimální hodnoty naměřených teplot.....	95
7	Termosnímky pořízené termokamerou FLIR E50.....	96
8	Zhodnocení výsledků experimentálního měření.....	104
	ZÁVĚR.....	105
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	106
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	107
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	109
	SEZNAM PŘÍLOH .....	111

# ÚVOD

Tato práce je zaměřena na vytápění pomocí velkoplošných sálavých ploch. Teoretická část se zabývá rozdělením sálavých ploch, příslušenstvím a technickými postupy pro realizaci podlahového vytápění.

Další částí je aplikace tématu na budově pro sportovní využití. V této části je zpracována část stavby, a to hala, která slouží jako tělocvična. Ostatní místnosti, jako jsou šatny, sprchy apod. nejsou v projektu řešeny. Objekt je po rekonstrukci, zateplený a po výměně výplní otvorů. Projekt je vypracován ve dvou variantách. V první variantě je budova vytápěna podlahovým vytápěním a druhá varianta je zaměřena na stěnové vytápění. V obou případech je jako zdroj tepla použita kaskáda plynových kondenzačních kotlů a příprava teplé vody je zajištěna zásobníkovým ohřívačem teplé vody.

Třetí částí diplomové práce je experimentální řešení, které je zaměřeno na stropní vytápění v budově se školící místností. Výsledkem je zhodnocení provozu stropního vytápění.

## **A TEORETICKÁ ČÁST**

## 2 Tepelná rovnováha a tepelná pohoda

### Tepelná rovnováha

Účelem je:

- Určení limitních podmínek prostředí, které je člověk schopen dlouhodobě snášet, aniž by bylo ohroženo jeho zdraví.
- Stanovení tepelné a vlhkostní produkce člověka.
- Stanovení režimu práce a odpočinku.

Rovnice tepelné rovnováhy:

$$M - W = C_{\text{res}} + E_{\text{res}} + K + C + R + E + S$$

M.....energetický výdej

W.....mechanická práce

C<sub>res</sub>.....výměna citelného tepla dýcháním

E<sub>res</sub>.....výměna vázaného tepla dýcháním

K.....výměna citelného tepla vedením

C.....výměna citelného tepla prouděním

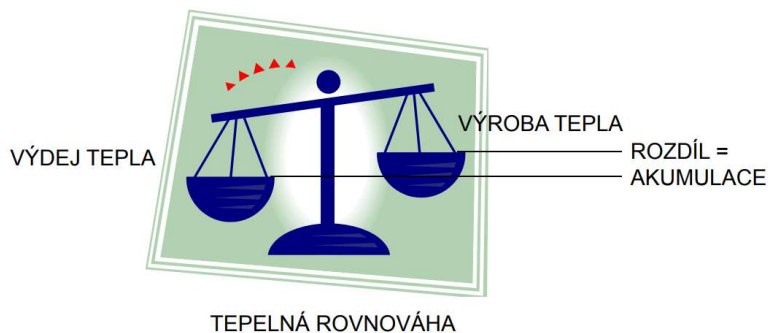
R.....výměna citelného tepla sáláním

E.....výměna vázaného tepla odpařováním

S.....akumulace tepla v těle [11]

Obrázek č. 1 Tepelná rovnováha

Zdroj: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp02.pdf>



## Termoregulační mechanismy

Teplé prostředí:

- Vazodilatace: rozšíření cév, bývá doprovázena poklesem krevního tlaku, zvýší se prokrvení pokožky, tím pádem se zvýší povrchová teplota
- Aktivace potních žláz: odpařuje se pot, krátkodobě 4 l/h, dlouhodobě 1 l/h
- Hypertemie: organismus se přehřívá, projevem je bolest hlavy, zrychlený dech a slabost

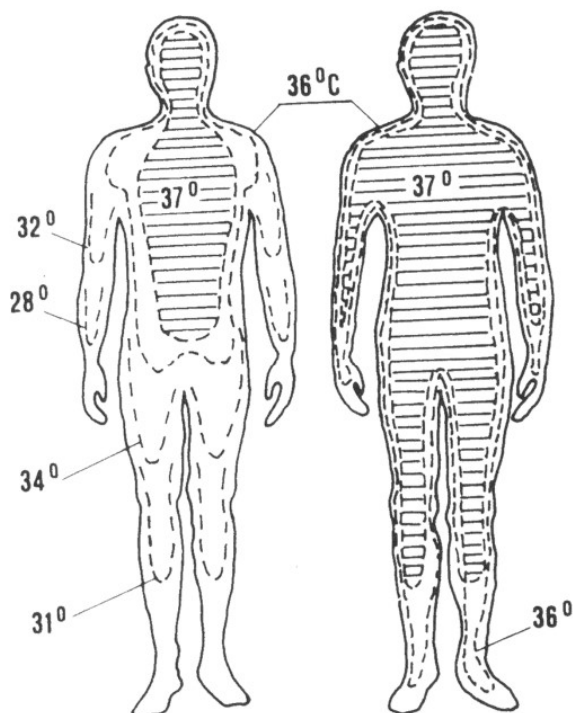
Studené prostředí:

- Vazokonstrikce: opak vazodilatace, snižuje se prokrvení pokožky a klesá povrchová teplota
- Termogeneze: svalový třes
- Hypotermie: podchlazení, pokles krevního tlaku a srdeční frekvence

[9] [11]

*Obrázek č. 2 Teplota těla v chladném a teplém prostředí*

Zdroj: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp02.pdf>



## Tepelná pohoda

Je dosaženo takových tepelných poměrů, kdy člověku není ani chladno, ani příliš teplo. Člověk se cítí příjemně. *(Cihelka)*

Tepelnou pohodou se označuje stav, kdy prostředí odnímá člověku jeho tepelnou produkci bez výrazného (mokrého) pocení. *(Pulkrábek)*

Tepelná rovnováha nemusí znamenat tepelnou pohodu, ale tepelná pohoda je podmíněna tepelnou rovnováhou.

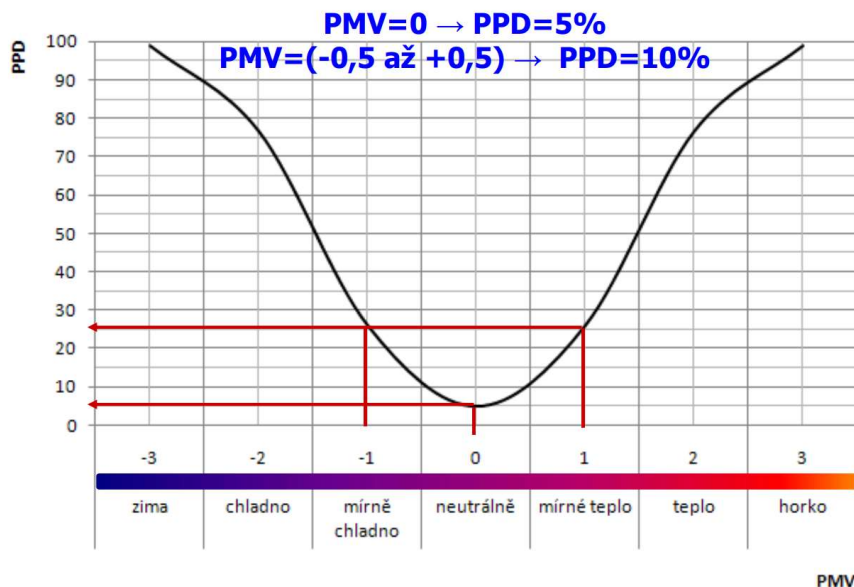
Faktory ovlivňující tepelnou pohodu:

- Teplota vzduchu: teplota vzduchu v interiéru bez sálání z okolních povrchů.
- Radiační teplota: Rovnoměrná společná teplota všech ploch v prostoru.
- Operativní teplota: jednotná teplota černého uzavřeného prostoru, ve kterém by tělo sdílelo konvekci a sáláním stejné množství tepla, jako ve skutečném teplotně nesourodém prostředí
- Efektivní teplota: teplota prostoru při relativní vlhkosti 50 %, která způsobí stejné celkové tepelné ztráty z pokožky jako ve skutečném prostředí.
- Vlhkost vzduchu: relativní nebo měrná vlhkost
- Rychlost proudění vzduchu a jeho turbulence
- Hodnota metabolismu
- Oblečení člověka
- Tělesná postava a podkožní tuk
- Věk a pohlaví

[9] [11]

Obrázek č. 3 Ukazatel PPD

Zdroj: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp02.pdf>



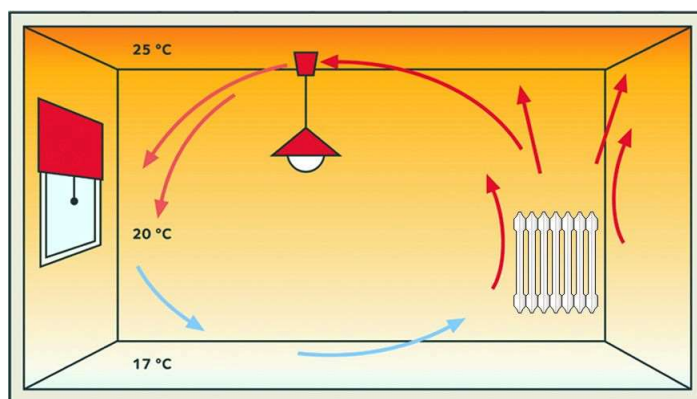
### 3 Způsoby sdílení tepla do okolí

#### Proudění (konvekce)

Při přirozeném nebo nuceném proudění se přemístěním molekul přenáší i tepelná energie. Přenos tepla konvekcí je nejčastější v tekutinách, ale existuje i v pevných látkách.

Obrázek č. 4 Proudění

Zdroj: <http://www.protext.cz/novy/zprava.php?id=8893>

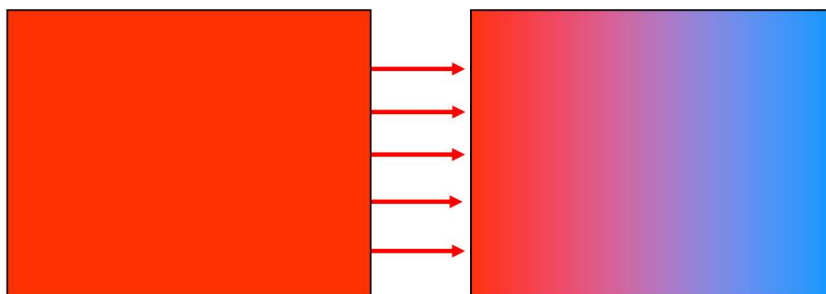


#### Vedení (kondukce)

Srážkami na sousední molekuly se předává kinetická energie neuspořádaného pohybu, a tak se přenáší tepelná energie.

Obrázek č. 5 Vedení

Zdroj: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp02.pdf>

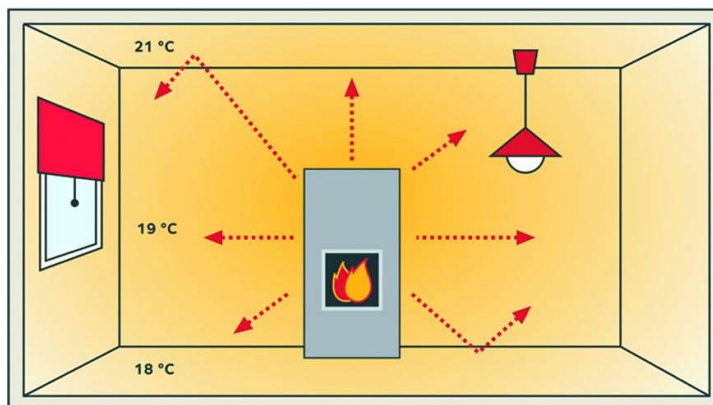


## Sálání (radiace)

Každý objekt s teplotou větší jak 0 K vyzařuje fotony, které jsou energetickými nositeli. Teplo nevyžaduje látkové prostředí, šíří se i ve vakuu. [9] [10]

Obrázek č. 6 Sálání

Zdroj: <http://www.protext.cz/novy/zprava.php?id=8893>



## 4 Sálavé vytápění

### Úvod

K sálavému vytápění řadíme podlahové vytápění, stropní a stěnové vytápění. Často bývá označeno jako velkoplošné, což vyjadřuje požadavek na velikost plochy, která je nutná pro realizaci. Převážná část tepla z otopné plochy se do okolí sdílí sáláním a pouze malé množství je sdíleno prouděním. Z toho vyplývá, že vnitřní povrchové teploty konstrukcí jsou vyšší, než je teplota vzduchu. Velkoplošné sálavé systémy pracují s nižší teplotou topné vody než např. otopná tělesa. Proto se používají v kombinaci s nízkoteplotními zdroji tepla jako jsou tepelná čerpadla nebo kondenzační plynové kotle. [1] [2]

### Rozdělení sálavých otopných ploch

Podle použité plochy [2]

- Podlahové
- Stěnové
- Stropní



### **Podle typu teponosné látky [2]**

- Teplovodní
- Elektrické

### **Podle technologie provedení [2]**

- Mokrý
- Suchý

## **5 Teplovodní podlahové vytápění**

### **Uložení na systémovou izolační desku**

Systémová deska je tvořena tvarovaným polystyrenem s výstupky a slouží jako nosná konstrukce pro trubku. Deska zároveň zajišťuje zvukovou izolaci. Je vhodná pro všechny typy podkladů, včetně litých potěrů. Díky výstupkům se může trubka ukládat v roztečích 75, 150, 225 a 300 mm. [3]

*Obrázek č. 7 Podlahové vytápění na systémovou desku*

*Zdroj: <http://www.wolfcr.cz/produkty/usporna-vytapeci-technika-pro-domy-a-byty/nizkoteplotni-salave-systemy-gabotherm/podlahove-vytapeni-prinasi-komfort-a-teplnou-pohodu-wolfcr.cz/>*



## Uložení do vodících lišt

Tento způsob se používá většinou při realizaci velké plochy podlahového vytápění, jako jsou např. výrobní haly. Na rovnou izolaci lze instalovat trubku přímo na desku pomocí vodících lišt. [4]

*Obrázek č. 8 Podlahové vytápění pomocí vodících lišt*

*Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>*



## Suchý systém

Jedná se o sádrovláknitou desku s vyfrézovanými drážkami pro uložení trubky. Tento systém se používá v případě, pokud nelze použít mokrý proces nebo pokud nelze nosnou konstrukci zatížit betonovým nebo anhydritovým potěrem. [3] [4]

*Obrázek č. 9 Suchý systém podlahového vytápění*

*Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>*



## Systém na suchý zip

Trubka podlahového vytápění je opatřena páskou, která slouží k uchycení k fleecové fólii. Tento způsob umožňuje přesnou a časově nenáročnou pokládku bez použití nářadí. Díky systému „suchý zip“ lze podle potřeby měnit rozteč trubky. [5]

*Obrázek č. 10 Podlahové vytápění na suchý zip*

*Zdroj: <https://www.rehau.com/gr-el/architektones-melethtes/psyxi-kai-thermanssi/endodapedia-thermansh-psysh/rautherm-speed-klettsystem>*



## 6 Technické zásady a požadavky podlahového vytápění

### Maximální teploty povrchu podlah

Maximální hodnoty teplot povrchu podlah jsou stanoveny hodnotou:

29 °C                      obytné prostory

35 °C                      okrajové zóny

Z hygienických a fyziologických hledisek lze maximální teploty povrchu upřesnit:

26 až 27 °C              pracovní místnosti a prostory, kde osoby převážně stojí

28 až 29 °C              obytné místnosti, administrativa

30 °C	předsíně, chodby a galerie
33 °C	koupelny a kryté bazény
35 °C	okrajové zóny a oblasti s řídkou návštěvností [2]

### Nejnižší tepelný odpor izolačních vrstev

Tepelný odpor  $R$  je veličina, kterou pro jednovrstvou konstrukci dostaneme podílem tloušťky vrstvy a součinitele tepelné vodivosti

Pro oblast s výpočtovou venkovní teplotou -12 až -15 °C je tepelný odpor:

$R \geq 0,75$  je-li spodní místnost vytápěna

$R \geq 1,25$  je-li spodní místnost nevytápěna nebo vytápěna přerušovaně, podlaha leží na zemině [2]

### Dilatační celky

U podlahového vytápění je nutné dodržovat dilatační celky. Plochy nad 40 m<sup>2</sup>, je nutné rozdělit do více okruhů, které musí být odděleny dilatační spárou. Dilatační spáry oddělují všechny vrstvy včetně nášlapné vrstvy a umožňují rozpínání podlahy. Je nutné také oddělit topnou podlahu od stěny. K tomu slouží dilatační pás. [2]

*Obrázek č. 11 Dilatace podlahového vytápění*

*Zdroj: <https://www.podlahy.com/podlahove-topeni-a-chlazení-jde-to>*



## Délky a rozteče okruhů podlahového vytápění

Maximální délka jednoho okruhu podlahového vytápění se doporučuje maximálně 120 m. K určení délky topného hadu musíme k délce okruhu přičíst i délku připojovacího potrubí k rozdělovači. V místnostech, kde jsou prosklené plochy k podlaze, se zhustí topný had a vznikne tzv. okrajová zóna. Ta se umísťuje 1 m od ochlazované stěny. Vzhledem k tomu, že v této zóně není předpokládáný častý pobyt osob, je zde povolena vyšší povrchová teplota podlahy. Topné trubky se pokládají v roztečích násobku 50 mm nebo 75 mm podle typu použitého systému. Obecně v obytných místnostech vychází rozteč větší než v koupelnách. [2]

## 7 Elektrické podlahové vytápění

Elektrické podlahové topení sdílí teplo do vytápěného prostoru stejným principem jako u teplovodního podlahového vytápění. Může být použito jako hlavní zdroj vytápění nebo jako doplňková otopná plocha. Montáž může být do betonové mazaniny nebo přímo pod podlahovou krytinu. Tento způsob se používá u přímotopného režimu vytápění. Rohože jsou ukládány na tepelně izolační vrstvě a zalité nivelační stěrkou, na které je položena nášlapná vrstva. Toto provedení poskytuje maximální dynamičnost podlahové otopné plochy. [1]

*Obrázek č. 12 Elektrické podlahové vytápění*

*Zdroj: <http://elektricke-topeni.info>*





## 8 Stěnové teplovodní vytápění

Stěny jsou opatřeny topnými registry, které jsou pod omítkou. Tento systém umožňuje dosáhnout rovnoměrné teploty vzduchu, která může být výrazně nižší než při vytápění otopnými tělesy. Proto je možné docílit tepelné pohody při nižší spotřebě energie. Další výhodou je snížení vlhkosti stěn a odstranění plísní. Povrchová teplota stěn v obytných místnostech nesmí přesáhnout 35 °C, které odpovídá teplota topné vody cca 45 °C. Při realizaci stěnového vytápění je nutné dbát na vybavení interiéru. Pokud budou stěny obestavěny např. skříněmi, ztrácí stěnové topení účinnost. [3] [6]

*Obrázek č. 13 Stěnové vytápění*

*Zdroj: <http://www.wolfcr.cz/produkty/usporna-vytapeci-technika-pro-domy-a-byty/nizkoteplotni-salave-systemy-gabotherm/stenove-vytapeni-komfortni-a-zdravy-zpusob-vytapeni/>*



### **Mokrý systém stěnového vytápění**

Na povrch stěny se upevní lišty pro uchycení trubky. Povrchovou úpravou je vyztužená omítka, která je nutná kvůli omezení vzniku trhlin. Z topných registrů se tvoří okruhy, které jsou tvořeny segmenty. Každý okruh i segment je limitován délkou a plochou. Ty se u různých systému liší, protože jednotliví výrobci používají různé dimenze trubek. Jednotlivé segmenty se napojí na přívodní a vratné potrubí Tichelmannovým způsobem. [2] [6]

*Obrázek č. 14 Mokrý systém stěnového vytápění*

*Zdroj: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/budeme-v-budoucnu-vytapet-sve-domy-21482.html>*



### **Suchý systém stěnového vytápění**

Topné registry jsou uloženy v sádrovláknité desce. Desky se vyrábějí v různých velikostech, pro maximální využití a libovolnou kombinaci. Na povrchovou úpravu se používá tenká stěrka. Tento systém se používá vmontovaných nízkoenergetických domech nebo podkrovích. Naopak se nedoporučuje do prostor, kde je vyšší vlhkost. [3] [6]

*Obrázek č. 15 Suchý systém podlahového vytápění*

*Zdroj: <http://vytapieni.tzb-info.cz/podlahove-vytapieni/8352-systemy-roth-pro-plosne-vytapieni-a-chlazení>*

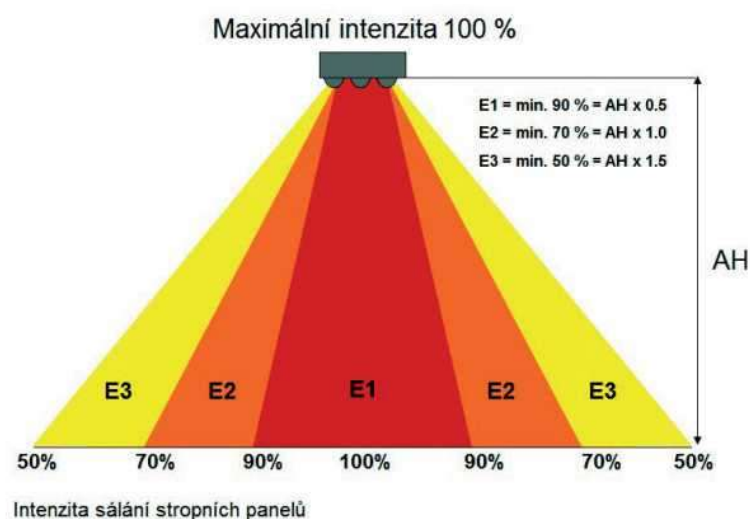


## 9 Stropní vytápění

Používá se ve velkých stavbách, jako jsou např. výrobní haly, skladovací prostory, prodejní plochy nebo autosalony. Stropním systémem lze prostory vytápět i chladit. Proto v létě je vytvořeno příjemně klimatizované klima a v zimě je prostor zdravě vytápěn se sníženými náklady. Pro sálavé stropní panely platí, že pokud jsou umístěny ve větší výšce, sálají na větší plochu. Největší intenzita sálání je kolmo pod panelem, proto je nutné znát rozmístění strojů nebo jiných předmětů v prostoru. [4]

Obrázek č. 16 Intenzita sálání stropních panelů

Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/12734-stropni-systemy-pro-salave-vytapani-a-chlazení-az-se-40-úsporou-nakladu-i>



## 10 Základní trubní materiály

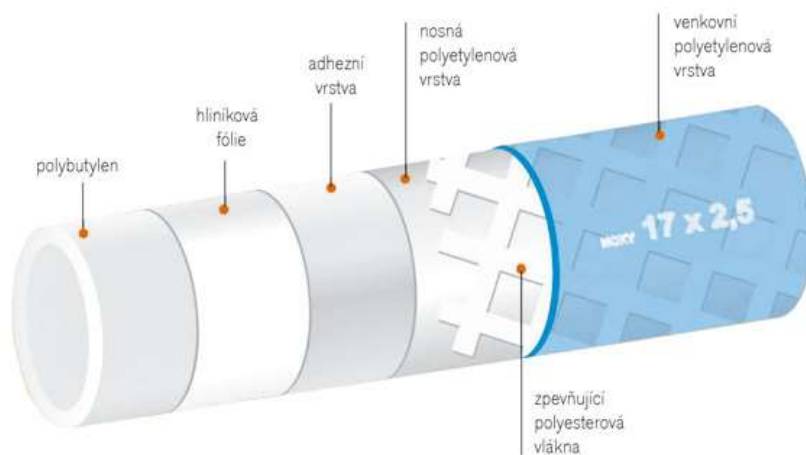
### Polybutylen (PB)

Základem polybutylenových trubek je polybutylenové jádro. Dalšími vrstvami jsou hliníková kyslíková bariéra, polyesterová vlákna, která chrání trubku před nepříznivými účinky tlaku a poslední vrstva je z polyetylenu, která má ochrannou funkci. Výhodou je flexibilita, která zaručuje rychlou a jednoduchou montáž. Oproti ostatním materiálům, mají trubky z PB nejlepší tepelně mechanické vlastnosti, jsou odolné proti obroušení za vlhka. Dalšími výhodami jsou teplotní odolnost, houževnatost, ořezuvzdornost, odolnost proti chemikáliím a dobrá ohybnost. Tento materiál se používá na podlahové vytápění, stěnové vytápění, ale i pro připojení vytápěcích těles. PB trubky se spojují připojovacím šroubením nebo hrdlovým svářením. [7]



Obrázek č. 17 Vrstvy polybutylenové trubky

Zdroj: <https://www.asb-portal.cz/tzb/vytapeni/polybutylen-jeden-znejstarsich-materialu-na-podlahove-vytapeni>



### Sítovaný polyetylén (PE – X)

Základním materiálem je sítovaný polyetylén. Trubky se vyrábějí ve třech variantách – PE – Xa, PE – Xb, PE – Xc. Výhodou jsou snadná montáž, odolnost proti vyšším teplotám a dlouhá životnost. Trubky PE – X jsou ideální pro podlahové vytápění pod anhydritovou podlahu.

#### PE – Xa

Jedná se o nejstarší a zároveň nejdražší způsob výroby. Je nazývána jako peroxidová metoda nebo Engelova metoda.

#### PE – Xb

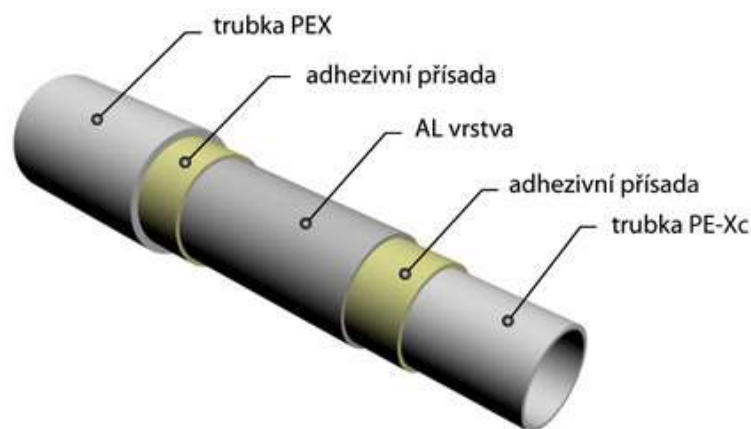
Trubky jsou vyrobeny pomocí metody Silan nebo Moisture Cure. Tento způsob výroby je nejrozšířenější v USA.

#### PE – Xc

Nejpoužívanější trubka v ČR. Tato metoda je nejnovější a je založena na propojení molekul elektronickým ozařováním. Oproti typu PE – Xa je náchylnější ke zlomení. Existuje modifikace trubky PE – Xc. Jedná se o pětivrstvou trubku, která je zakončena MD – PE vrstvou. Výhodou je snadnější montáž. [8]

Obrázek č. 18 Trubka PEX-AL-PEX

Zdroj: <https://www.atria.sk/vykurovacia-technika/potrubia-pre-vodu-vykurovanie/?vyrobca=hepworth-corporation-uk>



### Trubka PE – RT

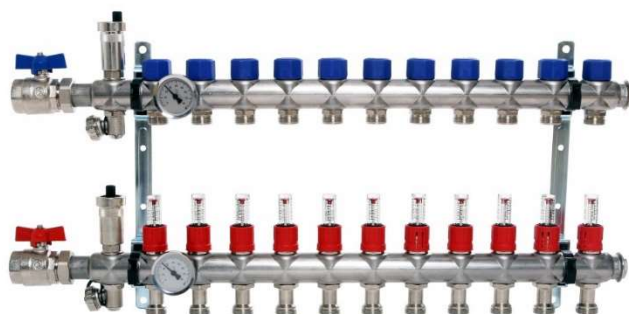
Používá se u realizací, kde není použita systémová deska. Trubka je ukotvena do tepelné izolace. Označení RT znamená Raised Temperature, to znamená, že trubky by se neměly používat pro teploty vyšší než 70 °C. [8]

## 11 Rozdělovací stanice pro podlahové a stěnové vytápění

Jednotlivé okruhy vytápění je nutné napojit na rozdělovací stanici. U budov, které mají více podlaží, musí mít každé podlaží svoji rozdělovací stanici. Ta se umísťuje, pokud je to možné, do místností, které nejsou určeny pro trvalý pobyt osob, jako je např. chodba nebo šatna. Rozdělovače a sběrače se vyrábějí pro napojení až 12 okruhů. U napojení na rozvod jsou opatřeny uzavíracími armaturami. Pro jednotlivé okruhy jsou opatřeny regulačními a uzavíracími armaturami. Regulační ventily slouží k nastavení průtoku podle projektové dokumentace. Další nezbytné součásti jsou odvzdušňovací, plnicí a vypouštěcí ventily. Měla by být, ale umístěna tak, aby byly všechny délky připojovacího potrubí k okruhu podobné. Rozdělovací stanice se umísťuje do skříně s dvířky, která musí být přístupná z čelní strany. Vyrábí se ve dvou provedeních – podomítková nebo předstěnová. [5] [3]

*Obrázek č. 19 Rozdělovač a sběrač podlahového vytápění*

*Zdroj: <https://www.1-topeni-levne.cz/katalog-podlahove-topeni-cenik/rozdlovace-podlahove-topeni>*



*Obrázek č. 20 Skříň rozdělovače*

*Zdroj: <https://www.1-topeni-levne.cz/katalog-podlahove-topeni-cenik/skrine-pro-rozdelovace>*



## **B VÝPOČTOVÁ ČÁST**

# 1 Analýza objektu

## Objekt

Druh stavby:	Stavba pro sportovní využití
Lokalita:	Hradec Králové
Venkovní teplota:	-12 °C
Vnitřní teplota:	18 °C
Dispoziční řešení:	Objektem je zrekonstruovaná jednopodlažní hala, která slouží jako tělocvična. V projektu je řešeno vytápění pouze haly, ostatní místnosti jako jsou šatny, chodby, sprchy apod. nejsou řešeny.

## Systém vytápění

### Varianta 1

Otopný systém:	Podlahové vytápění na systémovou desku
Zdroj tepla:	Kaskáda plynových kotlů 3x CGB-2 24
Příprava teplé vody:	Nepřímotopný zásobníkový ohřívač TV

### Varianta 2

Otopný systém:	Stěnové vytápění mokrým způsobem
Zdroj tepla:	Kaskáda plynových kotlů 3x CGB-2 24
Příprava teplé vody:	Nepřímotopný zásobníkový ohřívač TV

## 2 Výpočet tepelného výkonu

**Výpočet součinitele prostupu tepla  $U$  [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] pro dané konstrukce**

Podlaha na zemině			
Název vrstvy	$d$ [m]	$\lambda$ [ $\text{W}/\text{mK}$ ]	$R$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]
Vinyl	0,003	0,25	0,012
Samonivelační stěrka	0,004	1,2	0,003
Betonová mazanina	0,07	1,3	0,054
EPS 150 S	0,12	0,035	3,429
Asfaltový pás	0,004	0,21	0,019
$R_T$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]			3,517
$R_{si}$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]			0,17
$R_{se}$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]			0
$U$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]			0,27
$B'=A_g/(0,5.P)$			19,8
<b><math>U_{\text{equiv,bf}}</math> [<math>\text{W}/\text{m}^2\text{K}</math>]</b>			<b>0,12</b>

$$U \leq U_N$$

$$0,12 \leq 0,45 \quad (\text{POŽADOVANÁ HODNOTA})$$

$$0,12 \leq 0,3 \quad (\text{DOPORUČENÁ HODNOTA}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Strop			
Název vrstvy	$d$ [m]	$\lambda$ [ $\text{W}/\text{mK}$ ]	$R$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]
Sádrokartonová deska	0,0125	0,22	0,057
Minerální izolace	0,16	0,04	4,000
$R_T$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]			4,057
$R_{si}$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]			0,1
$R_{se}$ [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]			0,1
<b><math>U</math> [<math>\text{W}/\text{m}^2\text{K}</math>]</b>			<b>0,23</b>

$$U \leq U_N$$

$$0,23 \leq 0,3 \quad (\text{POŽADOVANÁ HODNOTA})$$

$$0,23 \leq 0,2 \quad (\text{DOPORUČENÁ HODNOTA}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Obvodová stěna			
Název vrstvy	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Omítka vnitřní	0,015	0,8	0,019
Porotherm 38 Profi	0,38	0,107	3,551
EPS 70 F	0,1	0,039	2,564
Omítka vnější	0,007	0,8	0,009
$R_T$ [m <sup>2</sup> K/W]			6,143
$R_{si}$ [m <sup>2</sup> K/W]			0,13
$R_{se}$ [m <sup>2</sup> K/W]			0,04
<b>U [W/m<sup>2</sup>K]</b>			<b>0,16</b>

$$U \leq U_N$$

$$0,16 \leq 0,3 \quad (\text{POŽADOVANÁ HODNOTA})$$

$$0,16 \leq 0,25 \quad (\text{DOPORUČENÁ HODNOTA}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Vnitřní zeď			
Název vrstvy	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Omítka vnitřní	0,015	0,8	0,019
Porotherm 38 Profi	0,38	0,107	3,551
Omítka vnější	0,007	0,8	0,009
$R_T$ [m <sup>2</sup> K/W]			3,579
$R_{si}$ [m <sup>2</sup> K/W]			0,13
$R_{se}$ [m <sup>2</sup> K/W]			0,13
<b>U [W/m<sup>2</sup>K]</b>			<b>0,26</b>

$$U \leq U_N$$

$$0,26 \leq 0,6 \quad (\text{POŽADOVANÁ HODNOTA})$$

$$0,26 \leq 0,4 \quad (\text{DOPORUČENÁ HODNOTA}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## Výpočet tepelných ztrát sportovní haly

Výpočet byl proveden dle ČSN EN 12 831 se zohledněním zvýšení teplot po výšce haly

<b>Ztráta prostupem do venkovního prostředí <math>H_{t,ie}</math></b>					
	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	$\Delta U$ [W/m <sup>2</sup> K]	b [-]	$H_{t,ie}$ [W/K]
Obvodové stěny do 1 m	85,9	0,16	0,05	1	18,039
Obvodové stěny do 1-2 m	85,9	0,16	0,05	1,02	18,400
Obvodové stěny do 2-3 m	89,3	0,16	0,05	1,03	19,316
Obvodové stěny do 3-4 m	89,3	0,16	0,05	1,04	19,503
Obvodové stěny do 4-5 m	89,3	0,16	0,05	1,05	19,691
Obvodové stěny do 5-6 m	69,3	0,16	0,05	1,06	15,426
Obvodové stěny do 6-7 m	89,3	0,16	0,05	1,07	20,066
Okno	20	1,2	0	1,06	25,440
Dveře	6,8	1,5	0	1,02	10,404
<b><math>\Sigma H_{t,ie}</math></b>					<b>166,284</b>

<b>Činitel teplotní redukce b [-]</b>		
Výška [m]	Teplota [°C]	$b_x$ [-]
3	18,9	1,03
4	19,2	1,04
5	19,5	1,05
6	19,8	1,06
7	20,1	1,07

<b>Ztráta prostupem do nevytápěného prostoru (půdní prostor -6 °C)</b>					
	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	$\Delta U$ [W/m <sup>2</sup> K]	b [-]	$H_{t,iue}$ [W/K]
Strop	885,82	0,23	0,05	0,8	198,424
<b><math>\Sigma H_{t,iue}</math></b>					<b>198,424</b>



<b>Ztráta prostupem do vytápěného sousedního prostoru (místnosti 20 °C)</b>					
	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	ΔU [W/m <sup>2</sup> K]	f <sub>i,j</sub> [-]	H <sub>t,ij</sub> [W/K]
Stěny do 1 m	27,71	0,26	0,05	-0,067	-0,573
Stěny do 1-2 m	27,71	0,26	0,05	-0,050	-0,430
Stěny do 2-3 m	32,51	0,26	0,05	-0,037	-0,370
Stěny do 3-4 m	32,51	0,26	0,05	-0,027	-0,269
Stěny do 4-5 m	32,51	0,26	0,05	-0,017	-0,168
Stěny do 5-6 m	32,51	0,26	0,05	-0,007	-0,067
Stěny do 6-7 m	32,51	0,26	0,05	0,003	0,034
Dveře	9,6	1,8	0	0,059	1,020
				<b>Σ</b>	
				<b>H<sub>t,iue</sub></b>	<b>-0,823</b>

Redukční činitel f <sub>i,j</sub> [-]		
Výška [m]	Teplota [°C]	f <sub>i,j</sub> [-]
1	18	-0,067
2	18,5	-0,050
3	18,9	-0,037
4	19,2	-0,027
5	19,5	-0,017
6	19,8	-0,007
7	20,1	0,003

<b>Ztráta prostupem do zeminy (zemina 10 °C)</b>							
	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	ΔU [W/m <sup>2</sup> K]	f <sub>g1</sub> [-]	f <sub>g2</sub> [-]	G <sub>w</sub>	H <sub>t,ig</sub> [W/K]
Podlaha na zemině	885,82	0,12	0,05	1,45	0,483	1	105,538
						<b>Σ</b>	
						<b>H<sub>t,ig</sub></b>	<b>105,538</b>

<b>Ztráta prostupem do vytápěného sousedního prostoru (místnosti 24 °C)</b>					
	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	ΔU [W/m <sup>2</sup> K]	f <sub>i,j</sub> [-]	H <sub>t,ij</sub> [W/K]
Stěny do 1 m	8,99	0,26	0,05	-0,200	-0,557
Stěny stěny do 1-2 m	8,99	0,26	0,05	-0,183	-0,511
Stěny do 2-3 m	8,99	0,26	0,05	-0,170	-0,474
Stěny do 3-4 m	8,99	0,26	0,05	-0,160	-0,446
Stěny do 4-5 m	8,99	0,26	0,05	-0,150	-0,418
Stěny do 5-6 m	8,99	0,26	0,05	-0,140	-0,390
Stěny do 6-7 m	8,99	0,26	0,05	-0,130	-0,362
<b>Σ H<sub>t,ij</sub></b>					<b>-3,158</b>

<b>Redukční činitel f<sub>i,j</sub> [-]</b>		
Výška [m]	Teplota [°C]	f <sub>i,j</sub> [-]
1	18	-0,200
2	18,5	-0,183
3	18,9	-0,170
4	19,2	-0,160
5	19,5	-0,150
6	19,8	-0,140
7	20,1	-0,130

<b>Ztráta prostupem do nevytápěného sousedního prostoru (místnosti 15 °C)</b>					
	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	ΔU [W/m <sup>2</sup> K]	b [-]	H <sub>t,iue</sub> [W/K]
Stěny do 1 m	5,33	0,26	0,05	0,100	0,165
Stěny do 1-2 m	5,33	0,26	0,05	0,117	0,193
Stěny do 2-3 m	5,33	0,26	0,05	0,130	0,215
Stěny do 3-4 m	5,33	0,26	0,05	0,140	0,231
Stěny do 4-5 m	5,33	0,26	0,05	0,150	0,248
Stěny do 5-6 m	5,33	0,26	0,05	0,160	0,264
Stěny do 6-7 m	5,33	0,26	0,05	0,170	0,281
<b>Σ H<sub>t,iue</sub></b>					<b>1,597</b>

Redukční činitel b [-]		
Výška [m]	Teplota [°C]	b [-]
1	18	0,100
2	18,5	0,117
3	18,9	0,130
4	19,2	0,140
5	19,5	0,150
6	19,8	0,160
7	20,1	0,170

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru	
$\Phi_{T,i} = (H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	
$\Phi_{T,i}$ [W]	14155,29

Tepelná ztráta větráním				
Vm	počet osob	$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\Phi_{V,i}$
70	40	18	-12	28560

Návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru		
$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$ [W]		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_i$
14 155,29	28 560,00	42 715,29

### 3 Výpočet podlahového vytápění (VARIANTA A)

**Výpočet byl proveden ve výpočtovém programu TECHCON**

Použité systémy PDL: Systémová deska gabotherm 1.2.3 10, černá

Celková plocha k vytápění	885,82 [m <sup>2</sup> ]
Celková otopná plocha	903,07 [m <sup>2</sup> ]
Celková plocha okruhů	857,19 [m <sup>2</sup> ]
Celková plocha přípojek	45,89 [m <sup>2</sup> ]
Celková délka potrubí	4405,1 [m]
Výkon potřebný na vytápění	42715 [W]
Výkon podlahového vytápění	49978 [W]
Výkon otopných okruhů	46962 [W]
Výkon přípojek	3016 [W]
Potřebný příkon pro podlahové vytápění	61388 [W]
Maximální tlaková ztráta okruhů	11,20 [kPa]
Max. w	0,26 [m/s]
Celkový objemový průtok okruhů	5284,2 [kg/h]
Maximální přívodní teplota	40 [°C]

Rozdělovač číslo	Maximální počet okruhů	Počet připojených okruhů	Teplotný spád [K]	Maximální tlaková ztráta [kPa]	Hmotnostní průtok [kg/h]	Rychlost [m/s]
RZ 1 - 1. NP (9)	9	9	10	11,07	885,50	0,26
RZ 2 - 1. NP (9)	9	9	10	11,02	889,70	0,26
RZ 3 - 1. NP (9)	9	9	10	11,20	885,60	0,26
RZ 6 - 1. NP (9)	9	9	10	11,09	874,70	0,26
RZ 5 - 1. NP (9)	9	9	10	11,16	874,10	0,26
RZ 4 - 1. NP (9)	9	9	10	11,05	874,50	0,26

Bilance rozdělovače RZ 1–1. NP (9) - Rozdělovací stanice GTF-VSS  
pro podlahové vytápění 9 1":

Prívodní teplota	40	[°C]
Teplota zpátečky	30	[°C]
Celkový objemový průtok rozdělovače	885,55	[kg/h]
Potřebný příkon rozdělovače	10297	[W]

Podlahové vytápění:

Použité systémy PDL: Systémová deska gabotherm 1.2.3 10, černá

Celková plocha okruhů	143,81	[m²]
Celková délka potrubí	738,4	[m]
Celkový výkon otopných okruhů	7879	[W]
Objem vody v otopných okruzích	83,5	[l]
Maximální tlaková ztráta okruhů	11,07	[kPa]
Max. w	0,26	[m/s]
Teplota vratné vody z podlahového vytápění	30	[°C]
Celkový objemový průtok podlahového vytápění	885,5	[kg/h]

Místnost	Okruh	Zóna	Plocha okruhu [m <sup>2</sup> ]	Rozestup [mm]	Teplota podl. [°C]	ti [°C]	Měrný výkon [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon okruhu [W]	Celková plocha [m <sup>2</sup> ]	Qc Celkový výkon [W]	Délka přípojky [m]	Délka okruhu [m]	Celková délka potrubí [m]	Teplotný spád [K]	Průtok [l/min]	Tlaková ztráta [kPa]	Max. w [m/s]	Nast. ventilu
1.01 - Tělocvična	RZ 1 - 1. NP (9/7)	PZ 1	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	17,2	72,9	90,1	10	1,7	10,79	0,26	4,10
	RZ 1 - 1. NP (9/2)	PZ 1	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	12,8	72,9	85,7	10	1,7	9,79	0,25	2,60
	RZ 1 - 1. NP (9/3)	PZ 1	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	18,7	72,9	91,6	10	1,8	11,07	0,26	6,00 Otv.
	RZ 1 - 1. NP (9/9)	PZ 1	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	4,8	72,9	77,7	10	1,6	8,11	0,24	1,80
	RZ 1 - 1. NP (9/8)	PZ 1	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	11,3	72,9	84,2	10	1,7	9,54	0,25	2,40
	RZ 1 - 1. NP (9/1)	PZ 1	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	6,3	72,9	79,2	10	1,6	8,4	0,24	1,90
	RZ 1 - 1. NP (9/4)	PZ 1	12,58	225	23	18	54,8	689	12,58	689	0,4	55,9	56,3	10	1,2	2,84	0,18	1,00
	RZ 1 - 1. NP (9/5)	PZ 1	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	10,7	72,9	83,6	10	1,7	9,33	0,25	2,30
	RZ 1 - 1. NP (9/6)	PZ 1	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	17,0	72,9	89,9	10	1,7	10,67	0,26	3,70

Bilance rozdělovače RZ 2–1. NP (9) - Rozdělovací stanice GTF-VSS  
pro podlahové vytápění 9 1":

Prívodní teplota	40	[°C]
Teplota zpátečky	30	[°C]
Celkový objemový průtok rozdělovače	889,68	[kg/h]
Potřebný příkon rozdělovače	10345	[W]

Podlahové vytápění:

Použité systémy PDL: Systémová deska gabotherm 1.2.3 10, černá

Celková plocha okruhů	144,22	[m <sup>2</sup> ]
Celková délka potrubí	741,9	[m]
Celkový výkon otopných okruhů	7902	[W]
Objem vody v otopných okruzích	83,9	[l]
Maximální tlaková ztráta okruhů	11,02	[kPa]
Max. w	0,26	[m/s]
Teplota vratné vody z podlahového vytápění	30	[°C]
Celkový objemový průtok podlahového vytápění	889,7	[kg/h]

Místnost	Okruh	Zóna	Plocha okruhu [m <sup>2</sup> ]	Rozestup [mm]	Teplota podl. [°C]	ti [°C]	Měrný výkon [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon okruhu [W]	Celková plocha [m <sup>2</sup> ]	Qc Celkový výkon [W]	Délka přípojky [m]	Délka okruhu [m]	Celková délka potrubí [m]	Teplotný spád [K]	Průtok [l/min]	Tlaková ztráta [kPa]	Max. w [m/s]	Nast. ventilu
1.01 - Tělocvična	RZ 2 - 1. NP (9/2)	PZ 3	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	12,1	72,9	85	10	1,7	9,73	0,25	2,60
	RZ 2 - 1. NP (9/5)	PZ 3	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	11,5	72,9	84,4	10	1,7	9,48	0,25	2,40
	RZ 2 - 1. NP (9/8)	PZ 3	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	12,1	72,9	85	10	1,7	9,68	0,25	2,60
	RZ 2 - 1. NP (9/1)	PZ 3	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	5,6	72,9	78,5	10	1,6	8,29	0,24	1,90
	RZ 2 - 1. NP (9/3)	PZ 3	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	18,0	72,9	90,9	10	1,8	11,02	0,26	6,00 Otv.
	RZ 2 - 1. NP (9/4)	PZ 3	12,99	225	23	18	54,8	712	12,99	712	0,4	72,9	73,3	10	1,3	3,17	0,19	1,00
	RZ 2 - 1. NP (9/6)	PZ 3	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	17,7	55,9	73,6	10	1,7	10,78	0,26	4,30
	RZ 2 - 1. NP (9/9)	PZ 3	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	5,5	72,9	78,4	10	1,6	8,27	0,24	1,90
	RZ 2 - 1. NP (9/7)	PZ 3	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	18,0	72,9	90,9	10	1,8	10,96	0,26	5,30



Bilance rozdělovače RZ 3–1. NP (9) - Rozdělovací stanice GTF-VSS  
pro podlahové vytápění 9 1":

Prívodní teplota	40	[°C]
Teplota zpátečky	30	[°C]
Celkový objemový průtok rozdělovače	885,56	[kg/h]
Potřebný příkon rozdělovače	10297	[W]

Podlahové vytápění:

Použité systémy PDL: Systémová deska gabotherm 1.2.3 10, černá

Celková plocha okruhů	143,76	[m <sup>2</sup> ]
Celková délka potrubí	737,4	[m]
Celkový výkon otopných okruhů	7876	[W]
Objem vody v otopných okruzích	83,4	[l]
Maximální tlaková ztráta okruhů	11,2	[kPa]
Max. w	0,26	[m/s]
Teplota vratné vody z podlahového vytápění	30	[°C]
Celkový objemový průtok podlahového vytápění	885,6	[kg/h]

Místo	Okruh	Zóna	Plocha okruhu [m <sup>2</sup> ]	Rozestup [mm]	Teplota podl. [°C]	t <sub>i</sub> [°C]	Měrný výkon [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon okruhu [W]	Celková plocha [m <sup>2</sup> ]	Q <sub>c</sub> Celkový výkon [W]	Délka připojky [m]	Délka okruhu [m]	Celková délka potrubí [m]	Teplotný spád [K]	Průtok [l/min]	Tlaková ztráta [kPa]	Max. w [m/s]	Nast. ventilu
1.01 - Tělocvična	RZ 3 - 1. NP (9/2)	PZ 4	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	13,2	72,9	86,1	10	1,7	9,92	0,25	2,60
	RZ 3 - 1. NP (9/5)	PZ 4	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	10,3	72,9	83,2	10	1,7	9,27	0,25	2,20
	RZ 3 - 1. NP (9/7)	PZ 4	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	16,9	72,9	89,8	10	1,7	10,7	0,26	3,50
	RZ 3 - 1. NP (9/1)	PZ 4	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	6,7	72,9	79,6	10	1,6	8,54	0,24	2,00
	RZ 3 - 1. NP (9/3)	PZ 4	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	19,1	72,9	92	10	1,8	11,2	0,26	6,00 Otv.
	RZ 3 - 1. NP (9/4)	PZ 4	12,53	225	23	18	54,8	686	12,53	686	0,4	72,9	73,3	10	1,2	2,79	0,18	1,00
	RZ 3 - 1. NP (9/6)	PZ 4	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	16,6	55,7	72,3	10	1,7	10,6	0,26	3,30
	RZ 3 - 1. NP (9/9)	PZ 4	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	4,4	72,9	77,3	10	1,6	8,03	0,24	1,80
	RZ 3 - 1. NP (9/8)	PZ 4	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	10,9	72,9	83,8	10	1,7	9,45	0,25	2,30

Bilance rozdělovače RZ 6–1. NP (9) - Rozdělovací stanice GTF-VSS  
pro podlahové vytápění 9 1":

Prívodní teplota	40	[°C]
Teplota zpátečky	30	[°C]
Celkový objemový průtok rozdělovače	874,71	[kg/h]
Potřebný příkon rozdělovače	10171	[W]

Podlahové vytápění:

Použité systémy PDL: Systémová deska gabotherm 1.2.3 10, černá

Celková plocha okruhů	141,92	[m <sup>2</sup> ]
Celková délka potrubí	729,8	[m]
Celkový výkon otopných okruhů	7775	[W]
Objem vody v otopných okruzích	82,5	[l]
Maximální tlaková ztráta okruhů	11,09	[kPa]
Max. w	0,26	[m/s]
Teplota vratné vody z podlahového vytápění	30	[°C]
Celkový objemový průtok podlahového vytápění	874,7	[kg/h]

Místnost	Okruh	Zóna	Plocha okruhu [m <sup>2</sup> ]	Rozestup [mm]	Teplota podl. [°C]	ti [°C]	Měrný výkon [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon okruhu [W]	Celková plocha [m <sup>2</sup> ]	Qc Celkový výkon [W]	Délka přípojky [m]	Délka okruhu [m]	Celková délka potrubí [m]	Teplotný spád [K]	Průtok [l/min]	Tlaková ztráta [kPa]	Max. w [m/s]	Nast. ventilu
1.01 - Tělocvična	RZ 6 - 1. NP (9/7)	PZ 5	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	18,8	72,9	91,7	10	1,8	11,09	0,26	6,00 Otv.
	RZ 6 - 1. NP (9/8)	PZ 5	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	12,9	72,9	85,8	10	1,7	9,8	0,25	2,60
	RZ 6 - 1. NP (9/9)	PZ 5	15,49	225	23	18	54,8	849	15,49	849	6,3	68,9	75,2	10	1,5	6,93	0,23	1,50
	RZ 6 - 1. NP (9/4)	PZ 5	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	16,9	72,9	89,8	10	1,7	10,72	0,26	3,80
	RZ 6 - 1. NP (9/5)	PZ 5	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	10,6	72,9	83,5	10	1,7	9,4	0,25	2,40
	RZ 6 - 1. NP (9/3)	PZ 5	12,53	225	23	18	54,8	686	12,53	686	17,2	72,9	90,1	10	1,7	10,73	0,26	3,90
	RZ 6 - 1. NP (9/2)	PZ 5	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	11,2	55,7	66,9	10	1,7	9,48	0,25	2,40
	RZ 6 - 1. NP (9/1)	PZ 5	15,49	225	23	18	54,8	848	15,49	848	4,7	68,8	73,5	10	1,5	6,6	0,23	1,40
	RZ 6 - 1. NP (9/6)	PZ 5	12,51	225	23	18	54,8	686	12,51	686	0,4	55,6	56	10	1,2	2,79	0,18	1,00

Bilance rozdělovače RZ 5–1. NP (9) - Rozdělovací stanice GTF-VSS  
pro podlahové vytápění 9 1":

Prívodní teplota	40	[°C]
Teplota zpátečky	30	[°C]
Celkový objemový průtok rozdělovače	874,13	[kg/h]
Potřebný příkon rozdělovače	10164	[W]

Podlahové vytápění:

Použité systémy PDL: Systémová deska gabotherm 1.2.3 10, černá

Celková plocha okruhů	141,63	[m <sup>2</sup> ]
Celková délka potrubí	727,8	[m]
Celkový výkon otopných okruhů	7760	[W]
Objem vody v otopných okruzích	82,3	[l]
Maximální tlaková ztráta okruhů	11,16	[kPa]
Max. w	0,26	[m/s]
Teplota vratné vody z podlahového vytápění	30	[°C]
Celkový objemový průtok podlahového vytápění	874,1	[kg/h]

Místnost	Okruh	Zóna	Plocha okruhu [m <sup>2</sup> ]	Rozstup [mm]	Teplota podl. [°C]	ti [°C]	Měrný výkon [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon okruhu [W]	Celková plocha [m <sup>2</sup> ]	Qc Celkový výkon [W]	Délka přípojky [m]	Délka okruhu [m]	Celková délka potrubí [m]	Teplotný spád [K]	Průtok [l/min]	Tlaková ztráta [kPa]	Max. w [m/s]	Nast. ventilu
1.01 - Tělocvična	RZ 5 - 1. NP (9/7)	PZ 8	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	19,1	72,9	92	10	1,8	11,16	0,26	6,00 Otv.
	RZ 5 - 1. NP (9/8)	PZ 8	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	13,2	72,9	86,1	10	1,7	9,88	0,25	2,60
	RZ 5 - 1. NP (9/9)	PZ 8	15,48	225	23	18	54,8	848	15,48	848	6,7	68,8	75,5	10	1,5	6,98	0,23	1,50
	RZ 5 - 1. NP (9/4)	PZ 8	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	16,6	72,9	89,5	10	1,7	10,69	0,26	3,60
	RZ 5 - 1. NP (9/5)	PZ 8	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	10,3	72,9	83,2	10	1,7	9,37	0,25	2,30
	RZ 5 - 1. NP (9/6)	PZ 8	12,26	225	23	18	54,8	672	12,26	672	0,4	54,5	54,9	10	1,7	2,59	0,18	1,00
	RZ 5 - 1. NP (9/3)	PZ 8	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	16,8	72,9	89,7	10	1,7	10,72	0,26	3,70
	RZ 5 - 1. NP (9/2)	PZ 8	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	10,9	72,9	83,8	10	1,5	9,47	0,25	2,40
	RZ 5 - 1. NP (9/1)	PZ 8	15,47	225	23	18	54,8	848	15,47	848	4,4	68,8	73,2	10	1,2	6,57	0,23	1,40

Bilance rozdělovače RZ 4-1. NP (9) - Rozdělovací stanice GTF-VSS  
pro podlahové vytápění 9 1":

Prívodní teplota	40	[°C]
Teplota zpátečky	30	[°C]
Celkový objemový průtok rozdělovače	874,54	[kg/h]
Potřebný příkon rozdělovače	10169	[W]

Podlahové vytápění:

Použité systémy PDL: Systémová deska gabotherm 1.2.3 10, černá

Celková plocha okruhů	141,84	[m <sup>2</sup> ]
Celková délka potrubí	729,8	[m]
Celkový výkon otopných okruhů	7771	[W]
Objem vody v otopných okruzích	82,5	[l]
Maximální tlaková ztráta okruhů	11,05	[kPa]
Max. w	0,26	[m/s]
Teplota vratné vody z podlahového vytápění	30	[°C]
Celkový objemový průtok podlahového vytápění	874,5	[kg/h]

Místnost	Okruh	Zóna	Plocha okruhu [m <sup>2</sup> ]	Rozestup [mm]	Teplota podl. [°C]	ti [°C]	Měrný výkon [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon okruhu [W]	Celková plocha [m <sup>2</sup> ]	Qc Celkový výkon [W]	Délka přípojky [m]	Délka okruhu [m]	Celková délka potrubí [m]	Teplotný spád [K]	Průtok [l/min]	Tlaková ztráta [kPa]	Max. w [m/s]	Nast. ventilu
1.01 - Tělocvična	RZ 4 - 1. NP (9/8)	PZ 6	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	18,6	72,9	91,5	10	1,8	11,05	0,26	6,00 Otiv.
	RZ 4 - 1. NP (9/8)	PZ 6	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	12,7	72,9	85,6	10	1,7	9,77	0,25	2,60
	RZ 4 - 1. NP (9/8)	PZ 6	15,45	225	23	18	54,8	847	15,45	847	6,2	68,7	74,9	10	1,5	6,83	0,23	1,40
	RZ 4 - 1. NP (9/8)	PZ 6	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	17,1	72,9	90	10	1,7	10,76	0,26	4,10
	RZ 4 - 1. NP (9/8)	PZ 6	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	10,8	72,9	83,7	10	1,7	9,41	0,25	2,40
	RZ 4 - 1. NP (9/8)	PZ 6	12,48	225	23	18	54,8	684	12,48	684	0,4	55,5	55,9	10	1,2	2,76	0,18	1,00
	RZ 4 - 1. NP (9/8)	PZ 6	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	17,3	72,9	90,2	10	1,7	10,78	0,26	4,10
	RZ 4 - 1. NP (9/8)	PZ 6	16,40	225	23	18	54,8	899	16,40	899	11,4	72,9	84,3	10	1,7	9,53	0,25	2,50
	RZ 4 - 1. NP (9/8)	PZ 6	15,48	225	23	18	54,8	848	15,48	848	4,9	68,8	73,7	10	1,5	6,64	0,23	1,40

Místnost	ti [°C]	Qm [W]	Qr [W]	Měrný výkon [W/m <sup>2</sup> ]	Qc [W]	Q okruhů [W]	Q přípojek [W]	Pokrytí [%]	Qdop [W]
1.01 - Tělocvična	18	42715	42715	55,3	49978	46962	3016	117	0



#### 4 Výpočet stěnového vytápění (VARIANTA B)

Výpočet byl proveden ve výpočtovém programu TERMOPLAN

Číslo okruhu	Teplota interiéru $t_i$ [°C]	Hustota tepelného toku [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon [W]	Plocha okruhu [m <sup>2</sup> ]	Počet segmentů	Plocha segmentu [m <sup>2</sup> ]	Délka přívodu [m]	Hmotnostní průtok [kg/h]	Tlaková ztráta [Pa]	Rozdělovač
101/1	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	6,1	141,1	26687	1
101/2	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	12,3	141,1	27847	1
101/3	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	18,9	141,1	29081	1
101/4	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	24,7	141,1	30166	1
101/5	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	6,1	141,1	26687	1
101/6	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	12,3	141,1	27847	1
101/7	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	18,9	141,1	29081	1
101/8	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	24,7	141,1	30166	1
101/9	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	6,1	141,1	26687	2
101/10	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	12,3	141,1	27847	2
101/11	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	18,9	141,1	29081	2
101/12	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	24,7	141,1	30166	2
101/13	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	6,1	141,1	26687	2
101/14	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	12,3	141,1	27847	2
101/15	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	18,9	141,1	29081	2
101/16	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	24,7	141,1	30166	2
101/17	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	6,2	141,1	26706	3
101/18	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	12,1	141,1	27809	3
101/19	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	5,3	141,1	26538	3

Číslo okruhu	Teplota interiéru $t_i$ [°C]	Hustota tepelného toku [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon [W]	Plocha okruhu [m <sup>2</sup> ]	Počet segmentů	Plocha segmentu [m <sup>2</sup> ]	Délka přívodu [m]	Hmotnostní průtok [kg/h]	Tlaková ztráta [Pa]	Rozdělovač
101/20	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	12,8	141,1	27940	3
101/21	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	23,2	141,1	29885	3
101/22	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	5,9	141,1	26650	4
101/23	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	12,9	141,1	27959	4
101/24	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	23,4	141,1	29923	4
101/25	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	5,9	141,1	26650	4
101/26	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	12,9	141,1	27959	4
101/27	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	24,4	141,1	30110	4
101/28	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	5,2	141,1	26519	5
101/29	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	11,3	141,1	27660	5
101/30	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	18,9	141,1	29081	5
101/31	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	24,8	141,1	30184	5
101/32	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	5,2	141,1	26519	5
101/33	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	12,0	141,1	27791	5
101/34	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	18,5	141,1	29006	5
101/35	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	11,2	141,1	27641	6
101/36	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	24,1	141,1	30053	6
101/37	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	11,2	141,1	27641	6
101/38	18,0	145,5	1149,3	7,9	4	2,0	24,1	141,1	30053	6

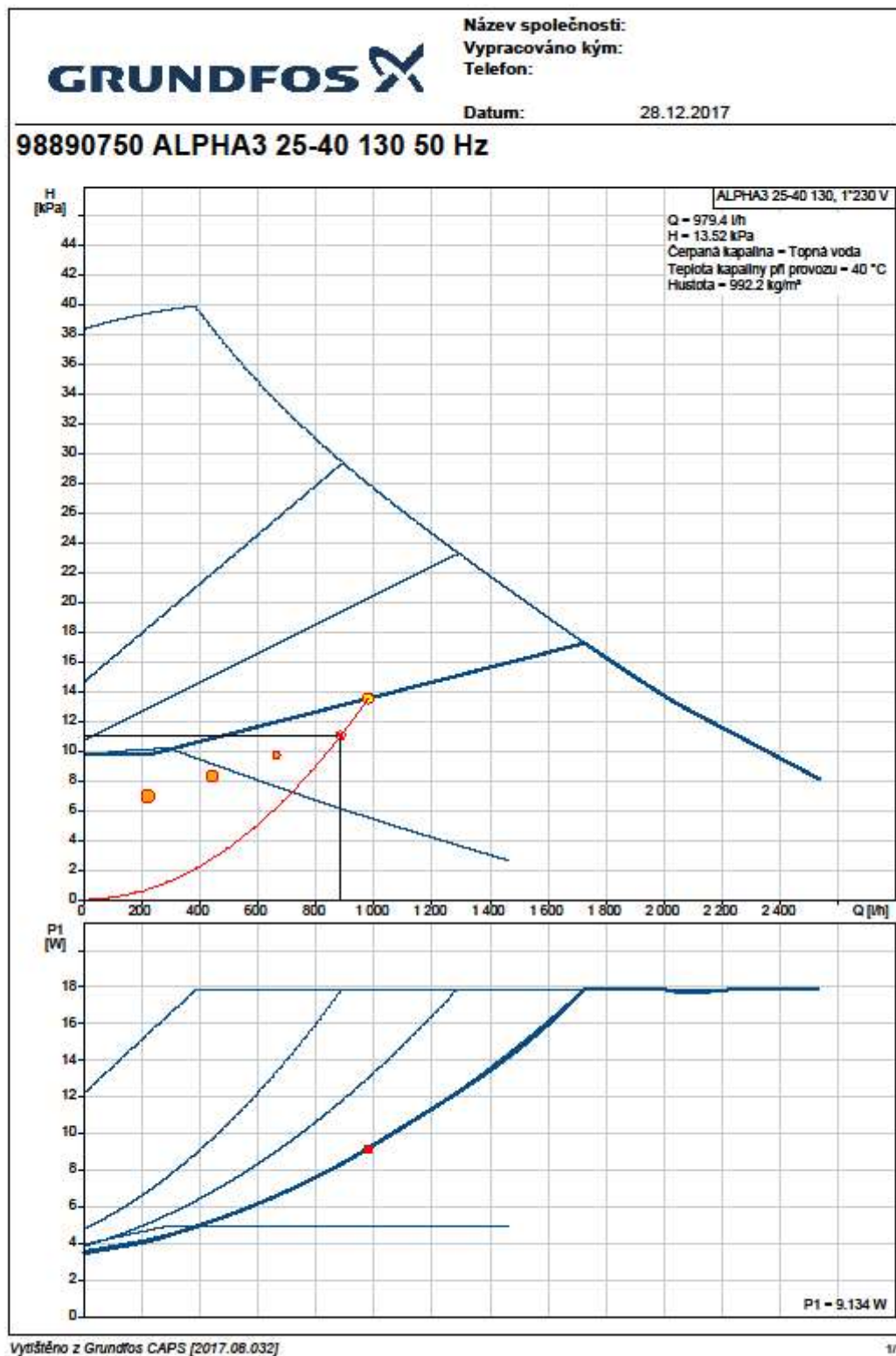
## Bilance rozdělovačů

Rozdělovač	Počet okruhů	Celková plocha trubek [m <sup>2</sup> ]	Průtok [kg/h]	Maximální tlaková ztráta okruhu [Pa]	Celková tlaková ztráta na rozdělovači [Pa]	Celkový výkon [W]
1	8	63,2	1129,0	30166	30167	9194
2	8	63,2	1129,0	30166	30167	9194
3	5	39,5	705,6	29885	29886	5747
4	6	47,4	846,7	30110	30111	6896
5	7	55,3	987,8	30184	30185	8045
6	4	31,6	564,5	30053	30054	4597

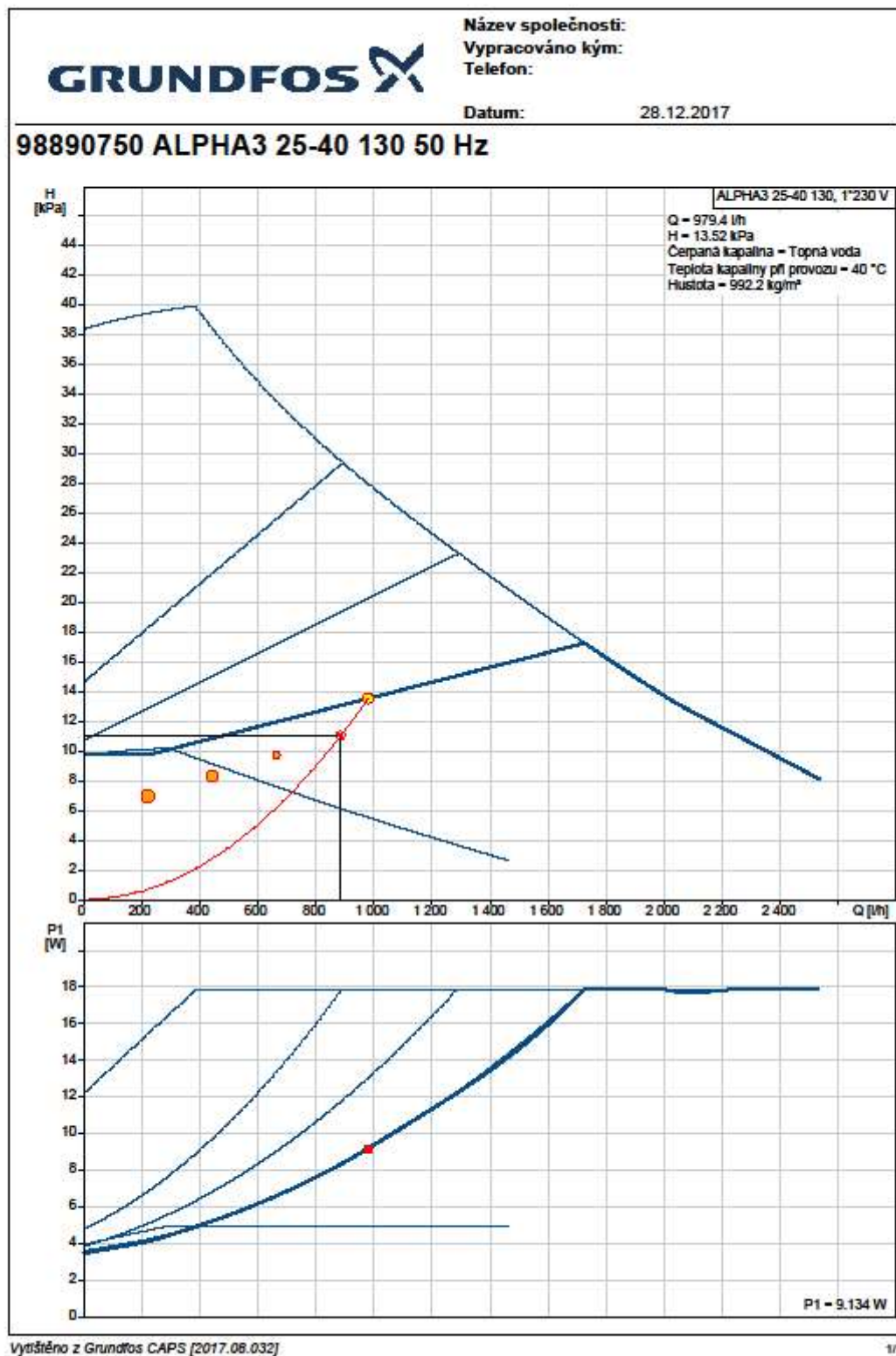
## 5 Návrh oběhových čerpadel podlahového vytápění (VARIANTA A)

Rozdělovač číslo	Maximální tlaková ztráta [kPa]	Hmotnostní průtok [kg/h]	Čerpadlo
RZ 1–1. NP (9)	11,07	885,5	ALPHA3 25-40 130
RZ 2–1. NP (9)	11,02	889,7	ALPHA3 25-40 130
RZ 3–1. NP (9)	11,20	885,6	ALPHA3 25-40 130
RZ 4–1. NP (9)	11,05	874,5	ALPHA3 25-40 130
RZ 5–1. NP (9)	11,16	874,1	ALPHA3 25-40 130
RZ 6–1. NP (9)	11,09	874,7	ALPHA3 25-40 130

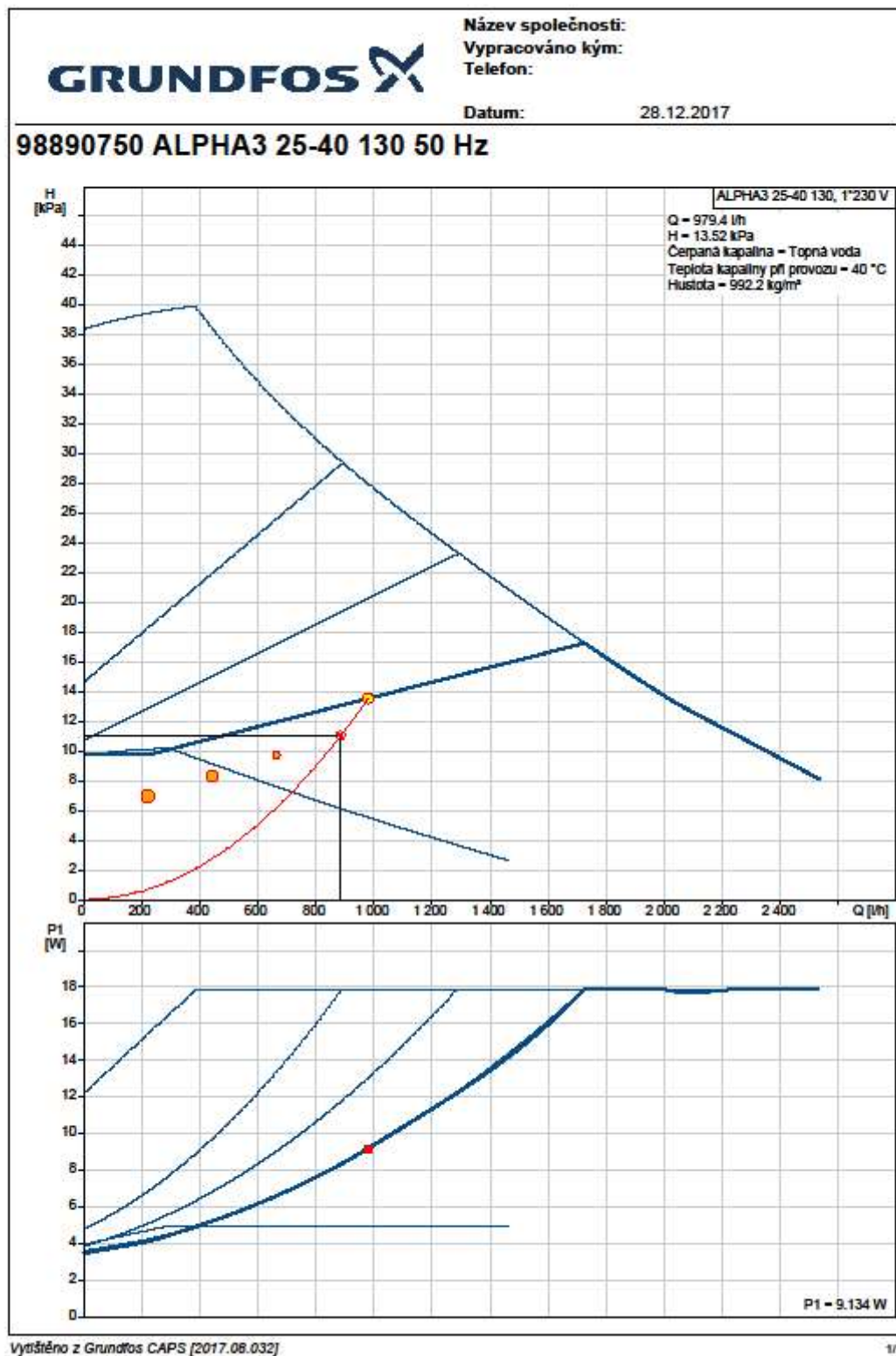
## Čerpadlo pro větev RZ 1 – 1. NP (9)



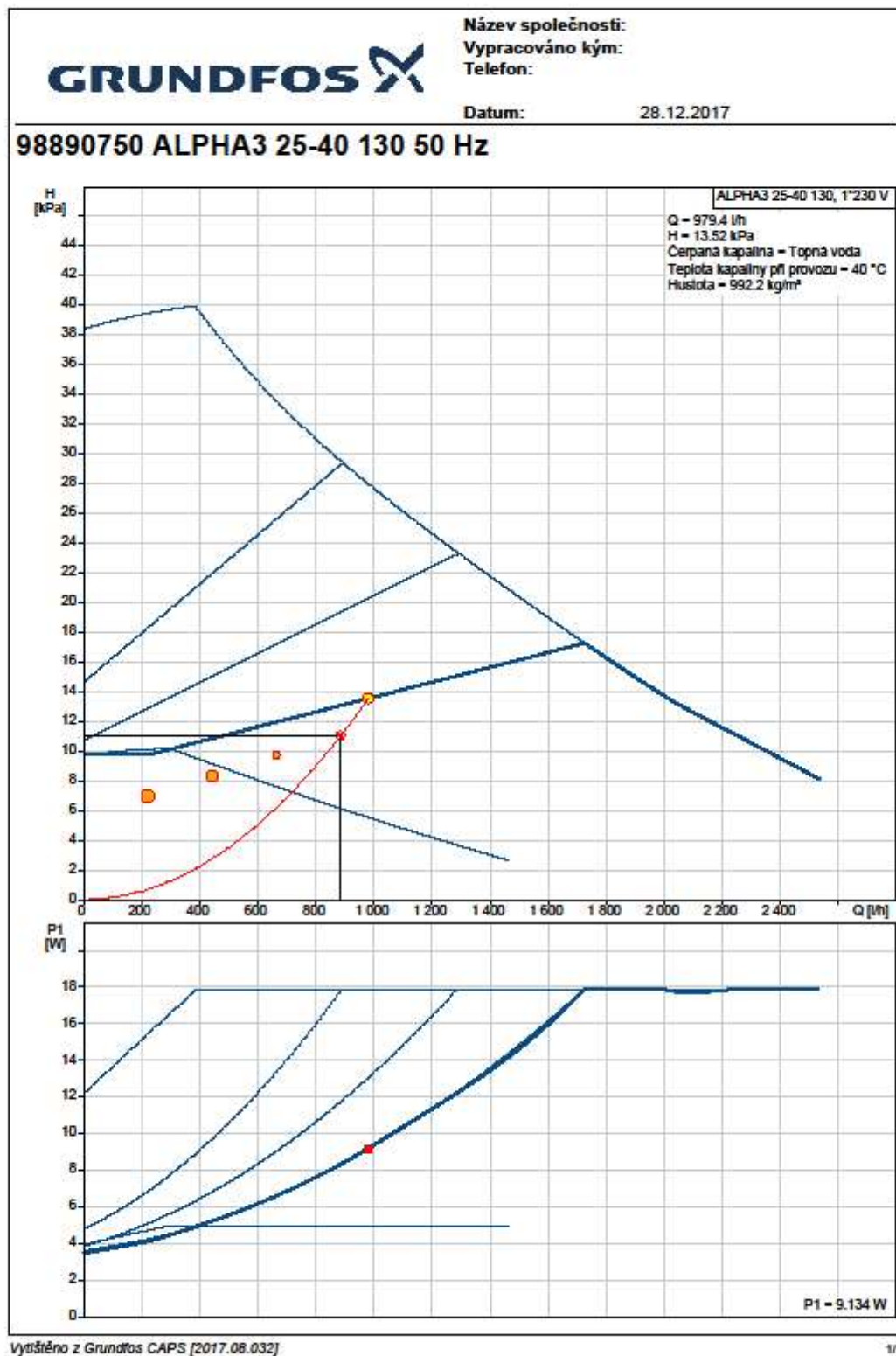
## Čerpadlo pro větev RZ 2 – 1. NP (9)



## Čerpadlo pro větev RZ 3 – 1. NP (9)

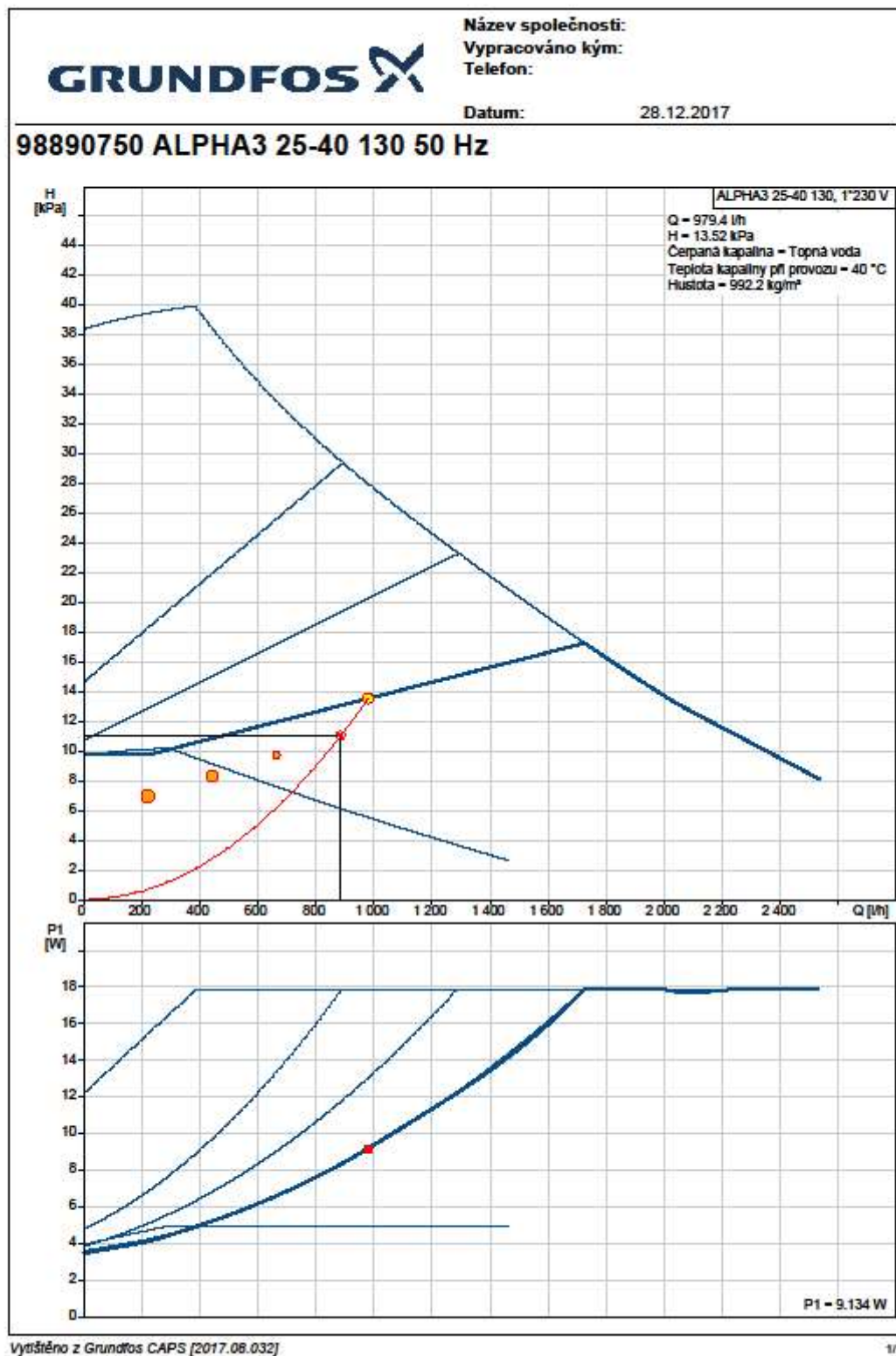


## Čerpadlo pro větev RZ 4 – 1. NP (9)



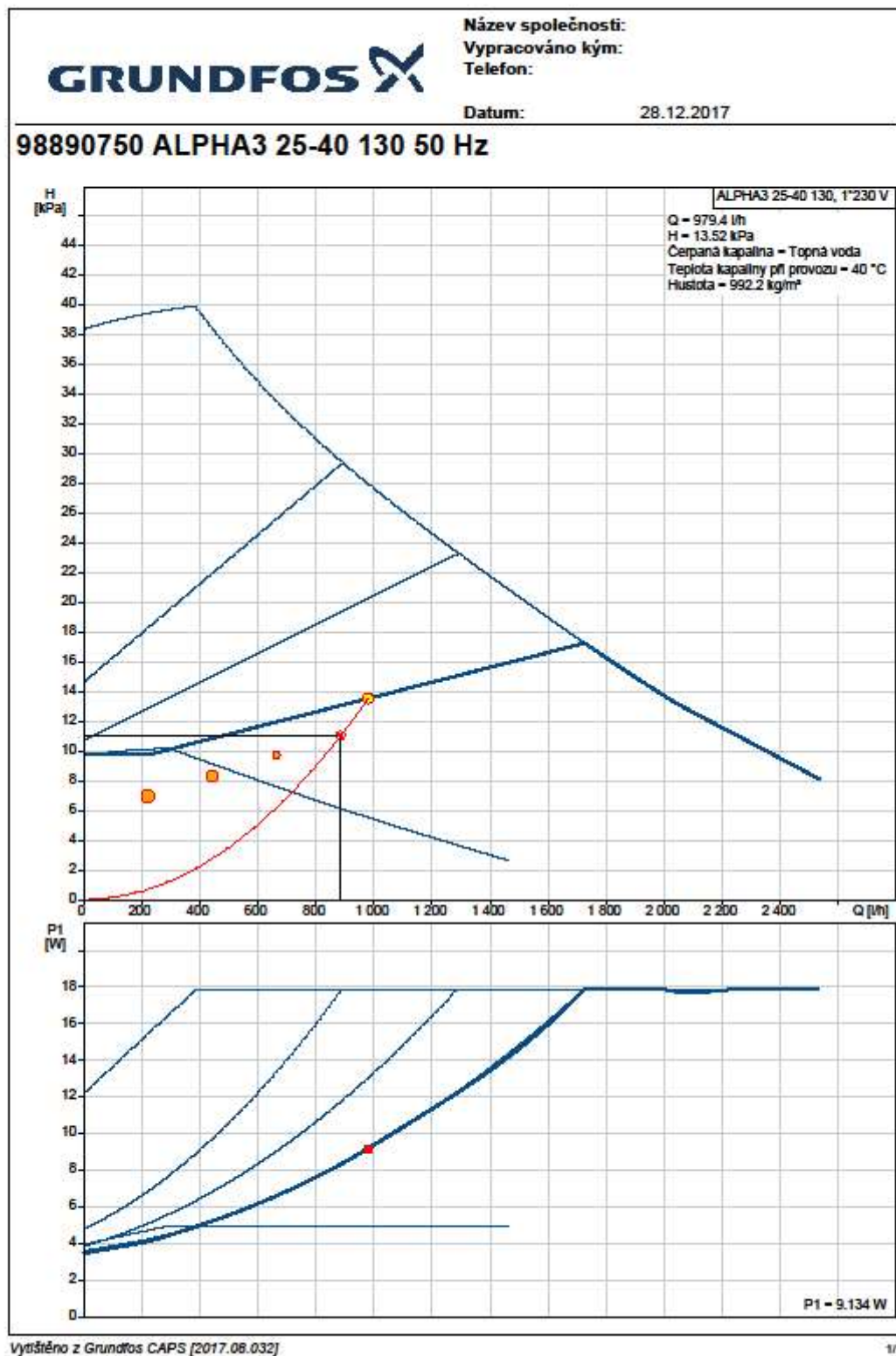


## Čerpadlo pro větev RZ 5 – 1. NP (9)





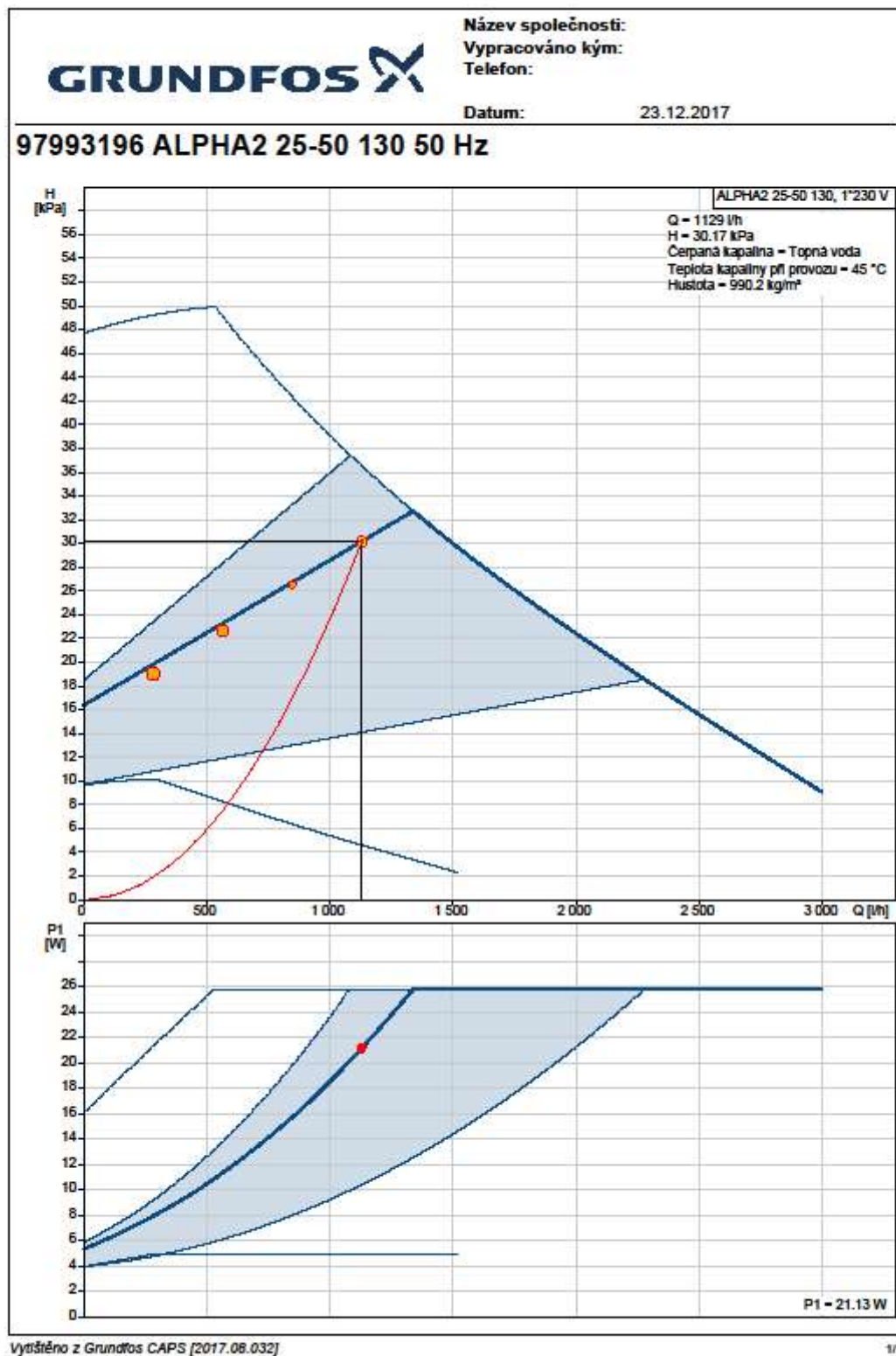
## Čerpadlo pro větev RZ 6 – 1. NP (9)



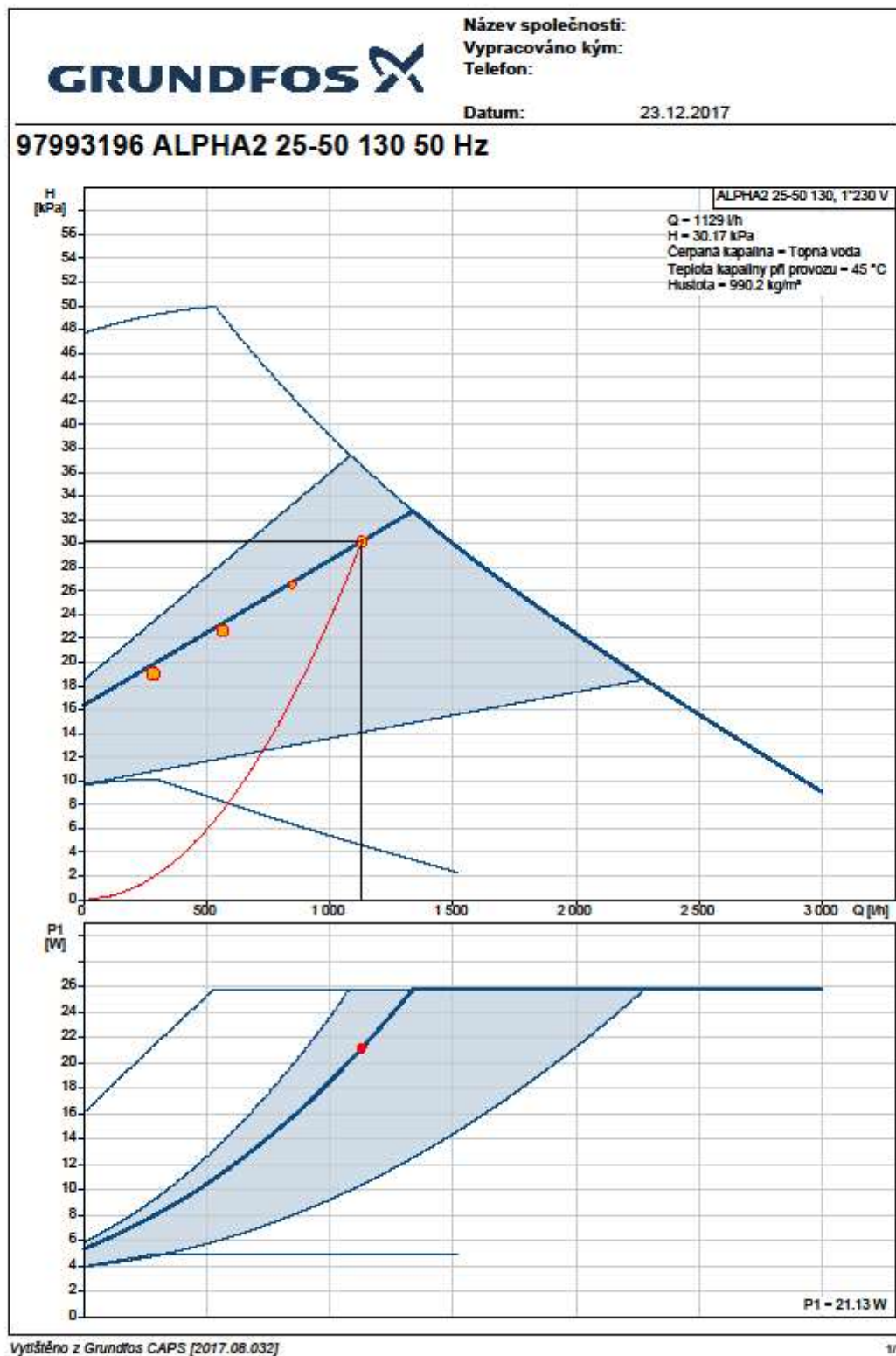
## 6 Návrh oběhových čerpadel stěnového vytápění (VARIANTA B)

Rozdělovač číslo	Maximální tlaková ztráta [kPa]	Hmotnostní průtok [kg/h]	Čerpadlo
1	30,17	1129,00	ALPHA2 25-50 130
2	30,17	1129,00	ALPHA2 25-50 130
3	29,89	705,6	ALPHA2 25-50 130
4	30,11	846,7	ALPHA2 25-50 130
5	30,18	987,8	ALPHA2 25-50 130
6	30,05	564,5	ALPHA2 25-60 130

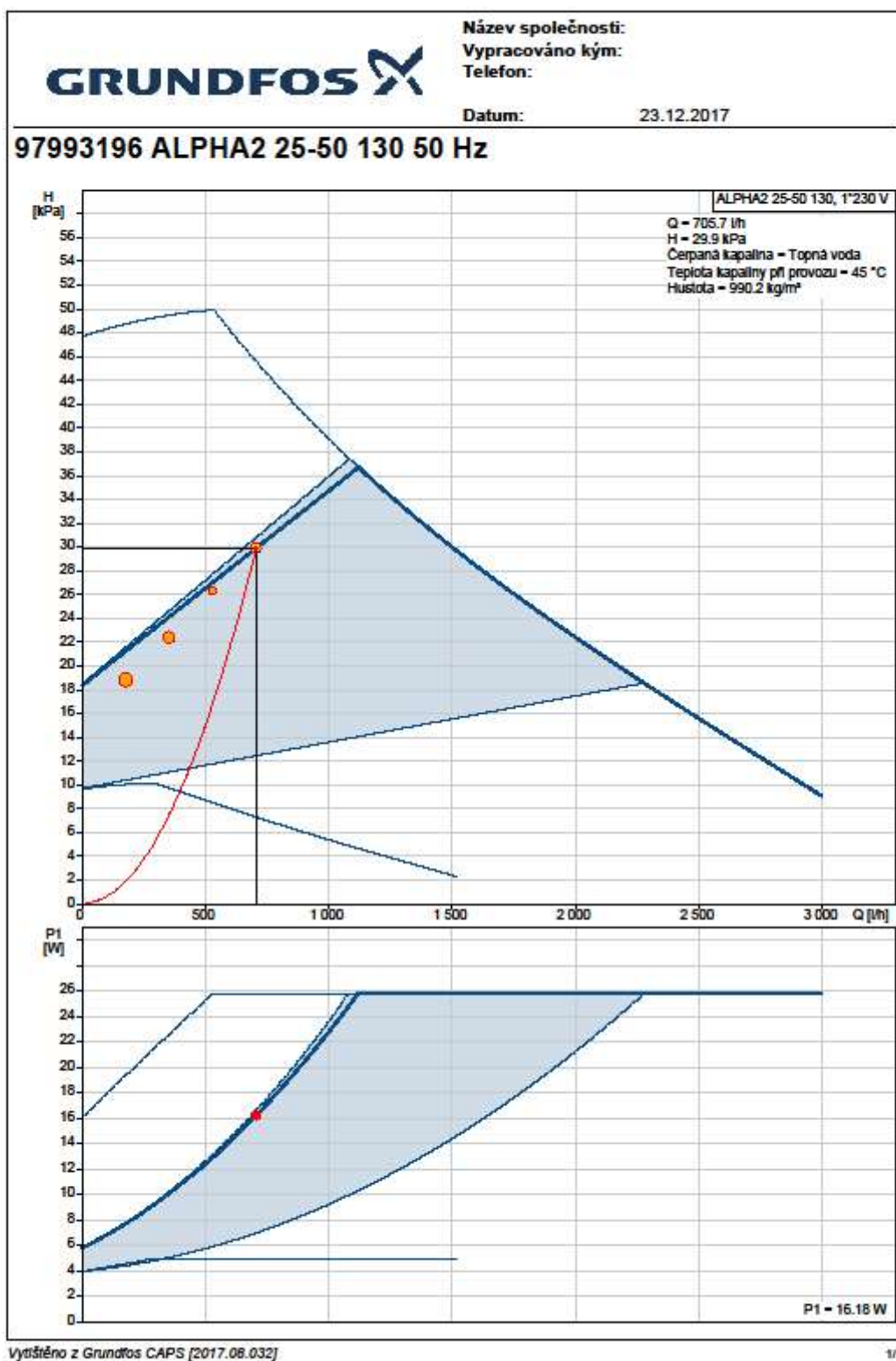
## Čerpadlo pro větev rozdělovače č.1



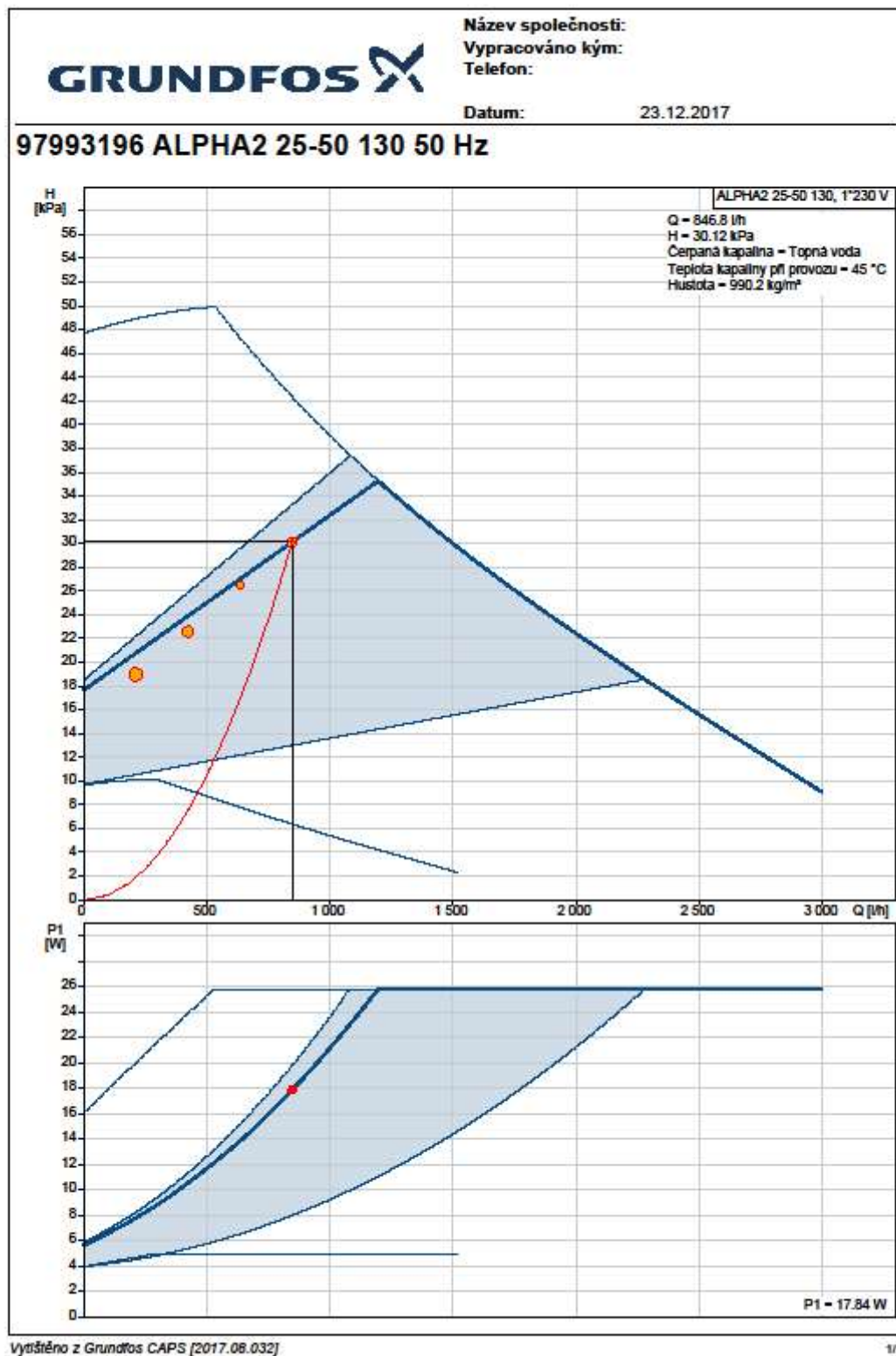
## Čerpadlo pro větev rozdělovače č.2



### Čerpadlo pro větev rozdělovače č.3

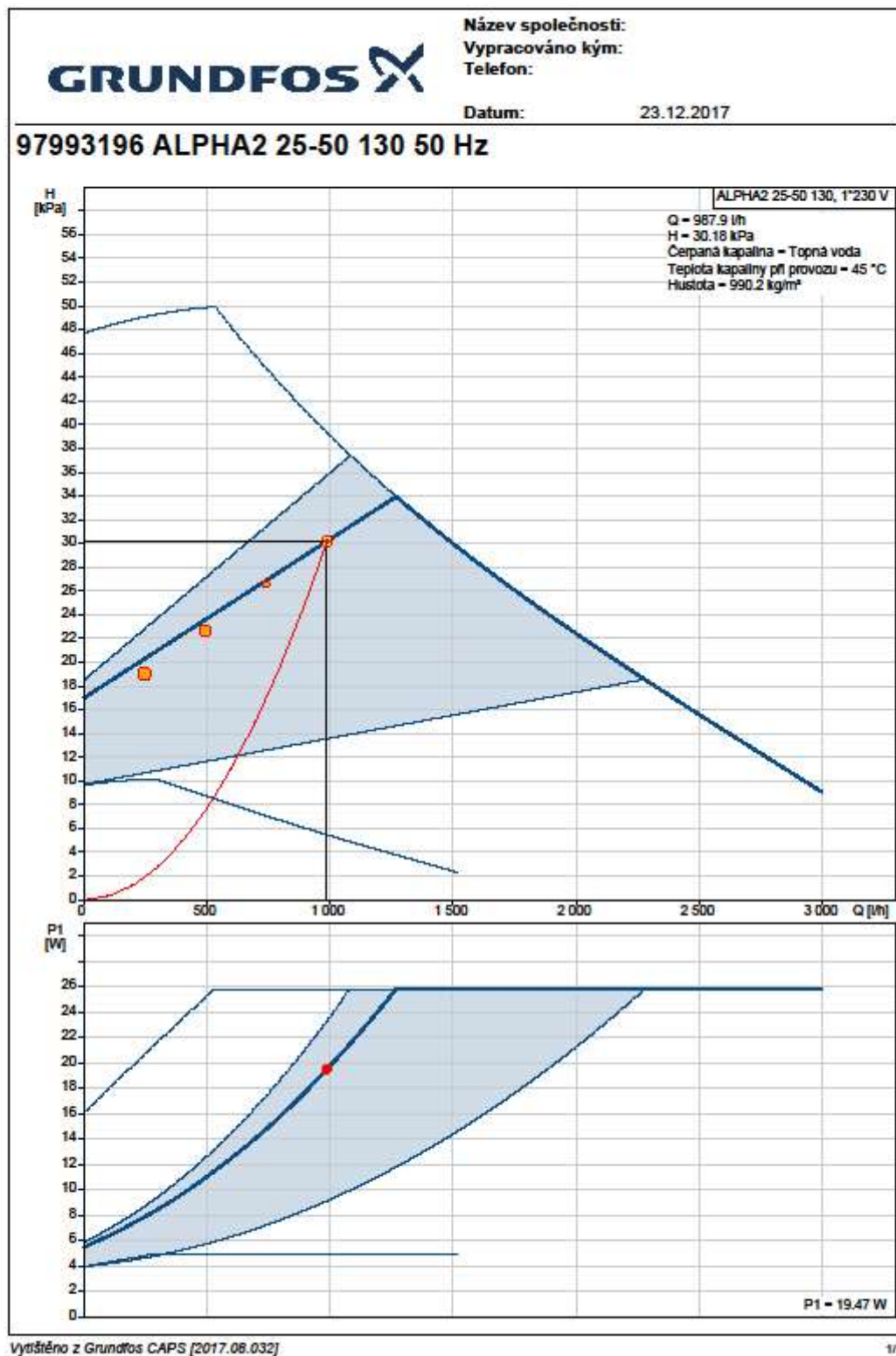


## Čerpadlo pro větev rozdělovače č.4

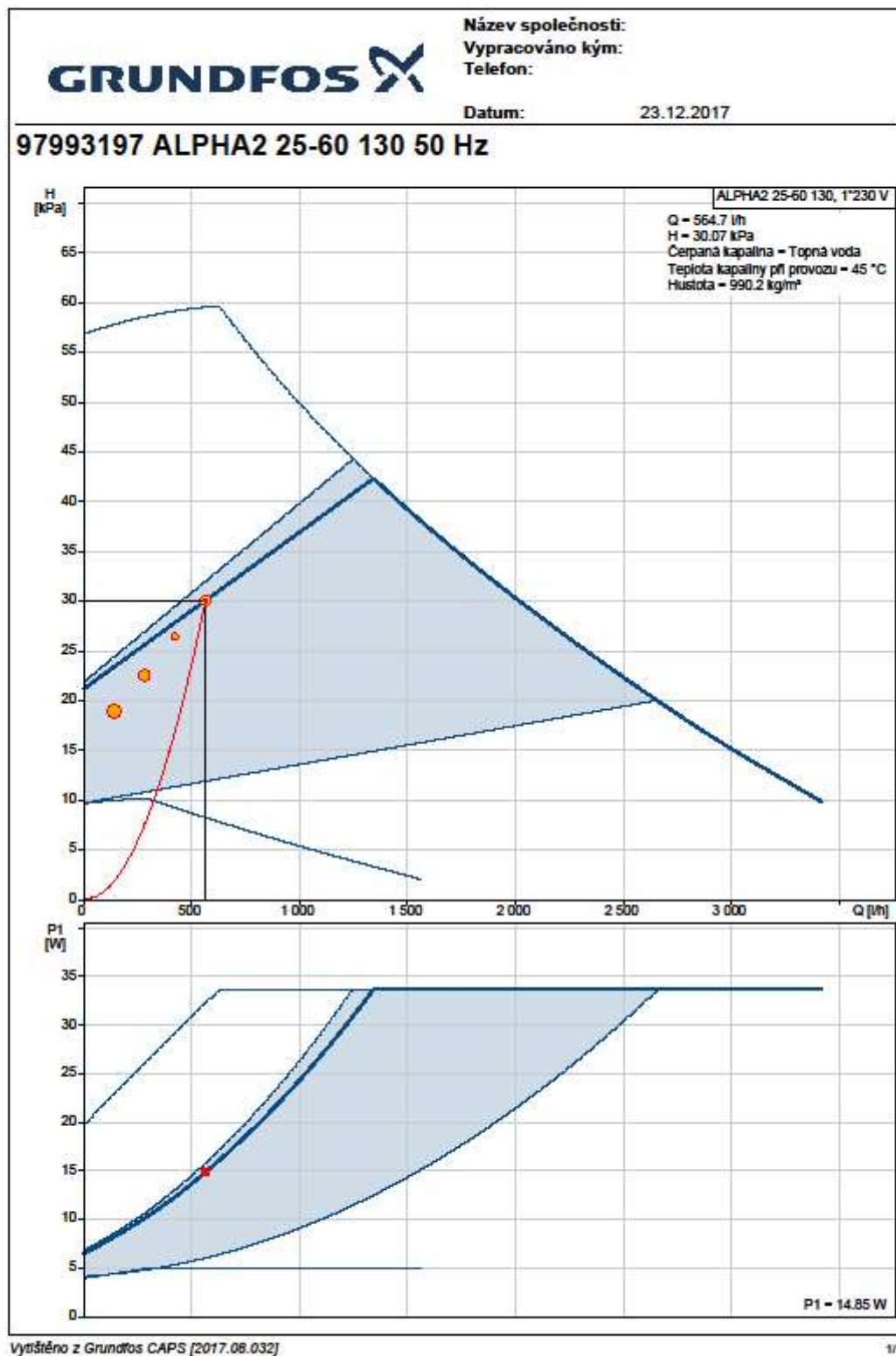




## Čerpadlo pro větev rozdělovače č.5



## Čerpadlo pro větev rozdělovače č.6





## 7 Návrh přípravy teplé vody

**Typ objektu:** sportovní zařízení

**Počet měrných jednotek:** 19

**Plocha pro úklid:** 1400 m<sup>2</sup>

Výpočet potřeby teplé vody dle ČSN EN 15316-3-1

Druh budovy	Specifická potřeba teplé vody $V_{w,f,day}$ (l/měrná jednotka a den)	Měrná jednotka
Sportovní zařízení	101	Instalovaná sprcha

Úklid	na 100 m <sup>2</sup> podlahy	0,022 m <sup>3</sup>
-------	-------------------------------	----------------------

### Denní potřeba TV:

$$V_{w,f} = 0,001 \cdot V_{w,f,day} \cdot n + \text{úklid}$$

$$V_{w,f} = 0,001 \cdot 101 \cdot 19 + 14 \cdot 0,022$$

$$V_{w,f} = 4,999 \text{ m}^3/\text{den}$$

### Teplo odebrané:

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot V_{w,f} \cdot (t_2 - t_1)$$

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot 4,999 \cdot (55 - 10)$$

$$Q_{2t} = 262 \text{ kWh/den}$$

### Teplo ztracené:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z$$

$$Q_{2z} = 262 \cdot 0,5$$

$$Q_{2z} = 131 \text{ kWh/den}$$

### Teplo celkem:

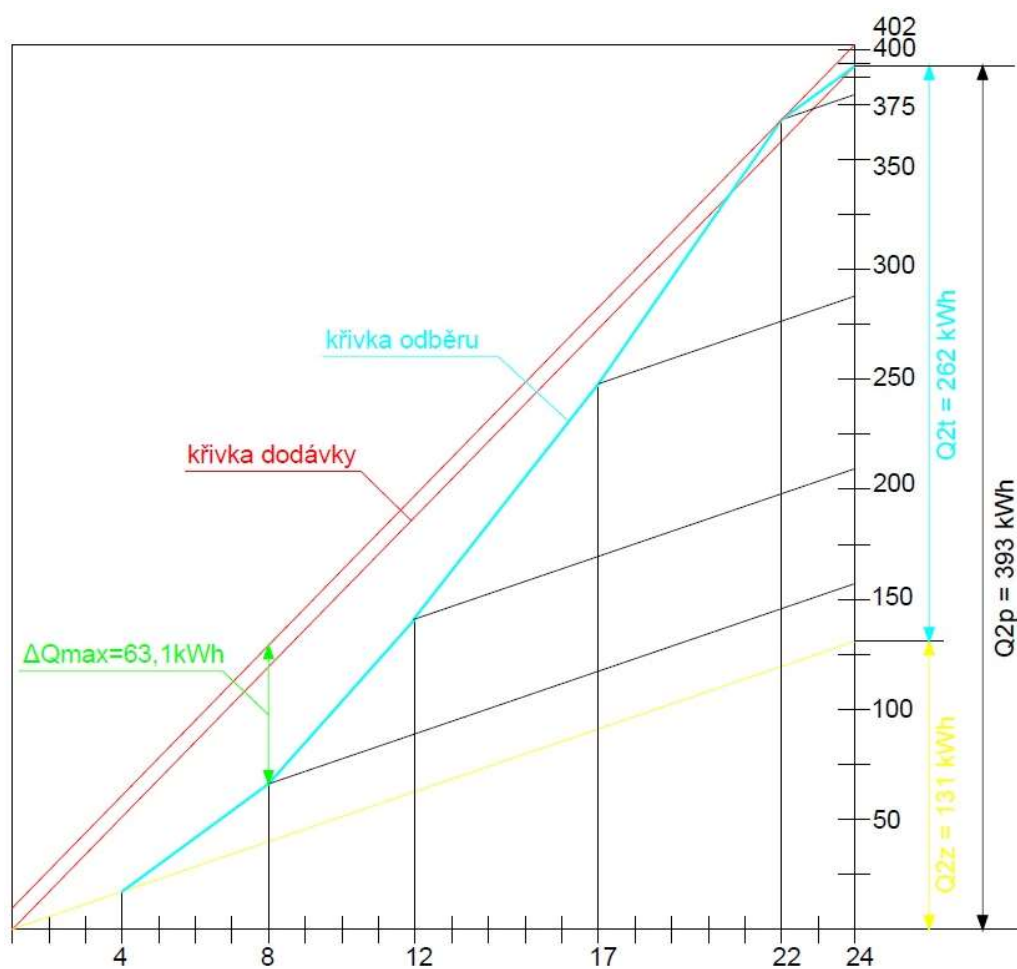
$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z}$$

$$Q_{2P} = 262 + 131$$

$$Q_{2P} = 393 \text{ kWh/den}$$

Doba	Potřeba [%]	$V_{w,f} [\text{m}^3/\text{den}]$	$Q_{2t}$
5h - 8h	10	0,4999	26,16
8h - 12h	20	0,9998	52,23
12h - 17h	30	1,4997	78,49
17h - 22h	35	1,74965	91,57
22h - 24h	5	0,24995	13,08
Celkem		4,999	262

### Křivka dodávky a odběru



**Velikost zásobníku**

$$V_z = \Delta Q_{\max} / (1,163 \cdot (t_2 - t_1))$$

$$V_z = 63,1 / (1,163 \cdot (55 - 10))$$

$$V_z = 1,2 \text{ m}^3 = 1200 \text{ l}$$

**Jmenovitý výkon ohřevu**

$$Q_{\text{ln}} = Q_l / t$$

$$Q_{\text{ln}} = 402 / 20$$

$$Q_{\text{ln}} = 20,1 \text{ kW}$$

**Potřebná teplosměnná plocha (55/35)**

$$\Delta t = (T_1 - t_2) - (T_2 - t_1) / \ln (T_1 - t_2) / (T_2 - t_1)$$

$$\Delta t = (55 - 50) - (35 - 10) / \ln (55 - 50) / (35 - 10)$$

$$\Delta t = 12,43 \text{ K}$$

$$A = Q_{\text{ln}} \cdot 1000 / (U \cdot \Delta t)$$

$$A = 20,1 \cdot 1000 / (420 \cdot 12,43)$$

$$A = 3,85 \text{ m}^2$$

**Návrh zásobníkového ohříváče:****Regulus RBC 1500**

Objem nádrže 1492 l

Plocha výměníku 4,2 m<sup>2</sup>

**Doba ohřevu**

$$A = Q_{\text{ln}} \cdot 1000 / (U \cdot \Delta t)$$

$$4,2 = Q_{\text{ln}} \cdot 1000 / (420 \cdot 12,43)$$

$$Q_{\text{ln}} = 21,93 \text{ kW}$$

Voda v zásobníku se ohřeje za 55 minut.

## 8 Návrh zdroje tepla

**Celková ztráta prostupem a větráním**  $Q_{TZ} = 42,715 \text{ kW}$

**Velková potřeba tepla pro přípravu TV**  $Q_{TV} = 20,1 \text{ kW}$

### Výkon zdroje

$$Q_{POŽI} = Q_{TZ} + Q_{TV}$$

$$Q_{POŽI} = 42,715 + 20,1$$

$$Q_{POŽI} = 62,8 \text{ kW}$$

Návrh: **3x plynový kondenzační kotel CGB – 2 24, výkon 73,8 kW**

## 9 Zabezpečovací zařízení (VARIANTA A)

### Návrh expanzní nádoby

Objem vody v potrubí  $V_p = 0,56 \text{ m}^3$

Objem vody v kotli  $V_k = 0,04 \text{ m}^3$

Objem vody celkem  $V = 0,6 \text{ m}^3$

Výkon zdroje  $Q_p = 73,8 \text{ kW}$

Výška otopné soustavy  $h = 3,9 \text{ m}$

Výška manometrické roviny  $h_{MR} = 1,0 \text{ m}$

Výška nad manometrickou rovinou  $h_{MR} = 0,0 \text{ m}$

Nejnižší konstrukční přetlak  $p_k = 300 \text{ kPa}$

Maximální teplota otopné vody  $t_{\max} = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\Delta t_{\max} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$n = 0,01475$$

### Expanzní objem

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n$$

$$V_e = 1,3 \cdot 0,6 \cdot 0,01475$$

$$V_e = 0,012 \text{ m}^3$$

### Provozní přetlak

Nejnižší:  $p_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} (+\Delta p_z)$

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot 3,9 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}$$

$$p_{ddov} \geq 42 \text{ kPa} \rightarrow p_d = 50 \text{ kPa}$$

Nejvyšší:  $p_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3})$

$$p_{hdov} \leq 300 - (0 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3})$$

$$p_{hdov} \leq 300 \rightarrow p_{hp} = 250 \text{ kPa}$$

### Předběžný objem expanzní nádoby

$$V_{ep} = V_e \cdot (p_{hp} + 100) / (p_{hp} - p_d)$$

$$V_{ep} = 0,012 \cdot (250 + 100) / (250 - 50)$$

$$V_{ep} = 0,021 \text{ m}^3$$

Návrh: expanzní nádoba Reflex NG 25/6, objem 25 l, provozní tlak 6 bar

### Průměr expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5}$$

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot 73,8^{0,5}$$

$$d_p = 15,2 \text{ mm} \rightarrow \text{návrh průměr potrubí } 18 \times 1 \text{ mm}$$

### Návrh pojistného ventilu

Průřez sedla pojistného ventilu  $S_o = (Q_p) / (\alpha_w \cdot K) \quad [\text{mm}^2]$

Pojistný výkon  $Q_p = Q_n \quad [\text{kW}]$

Vnitřní průměr pojistného potrubí  $d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p}$

$p_{ot} [\text{kPa}]$	250
$K [\text{kW} \cdot \text{mm}^2]$	1,12

Zdroj tepla:	Skupina:	Teplotní interval [°C]	vstup do PV	výstup z PV
<input type="radio"/> výměník tepla	A1	$T_1 < 100$	voda	voda
<input checked="" type="radio"/> kotel	A2	$100 < T_1 \leq t_{2x}$	voda	směs
	A3	$100 \leq t_{2x} \leq T_1$	pára	pára
	<input checked="" type="radio"/> B		pára	pára

$T_1$  - výpočtová teplota ohřívací vody na vstupu

$t_{2x}$  - teplota ohřívání vody na mezi odparu při přetlaku  $p_{ot}$

**Výpočtové parametry pojistných ventilů:** HONEYWELL

jmenovitá světlost DN [mm]	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"
nejmenší průtočný průřez $S_o$ [mm <sup>2</sup> ]	201	201	452	572		
výtokový součinitel $\alpha_w$ [-]	0,289	0,449	0,558	0,583		

**Poznámka:** Přednastavené hodnoty průtočného průřezu a výtokového součinitele můžete změnit a výpočet se provede znovu pro Vámi zadané hodnoty.

$p_{ot} = 250$  kPa ... otevírací přetlak pojistného ventilu  
 $Q_n = 73,8$  kW ... jmenovitý výkon zdroje tepla  
 $S_o = 265$  mm<sup>2</sup> ... vypočtený minimální průřez sedla pojistného ventilu  
**SM 120- 1"** ... navržený pojistný ventil  
 $S_o = 452$  mm<sup>2</sup> ... skutečný průřez sedla navrženého pojistného ventilu  
 $d_1 = 27$  mm ... minimální vnitřní průměr **vstupního** pojistného potrubí  
 $d_2 = 27$  mm ... minimální vnitřní průměr **výstupního** pojistného potrubí

Navrhuji pojistný ventil HONEYWELL SM 120 – 1''

## 10 Zabezpečovací zařízení (VARIANTA B)

### Návrh expanzní nádoby

Objem vody v potrubí	$V_p = 0,31$	m <sup>3</sup>
Objem vody v kotli	$V_k = 0,04$	m <sup>3</sup>
Objem vody celkem	$V = 0,35$	m <sup>3</sup>
Výkon zdroje	$Q_p = 73,8$	kW
Výška otopné soustavy	$h = 3,9$	m
Výška manometrické roviny	$h_{MR} = 1,0$	m
Výška nad manometrickou rovinou	$h_{MR} = 0,0$	m

Nejnižší konstrukční přetlak	$p_k = 300 \text{ kPa}$
Maximální teplota otopné vody	$t_{\max} = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	$\Delta t_{\max} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	$n = 0,01475$

### Expanzní objem

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n$$

$$V_e = 1,3 \cdot 0,35 \cdot 0,01475$$

$$V_e = 0,007 \text{ m}^3$$

### Provozní přetlak

$$\text{Nejnižší: } p_{\text{ddov}} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} (+\Delta p_z)$$

$$p_{\text{ddov}} \geq 1,1 \cdot 3,9 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}$$

$$p_{\text{ddov}} \geq 42 \text{ kPa} \rightarrow p_d = 50 \text{ kPa}$$

$$\text{Nejvyšší: } p_{\text{hdov}} \leq p_k - (h_{\text{MR}} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3})$$

$$p_{\text{hdov}} \leq 300 - (0 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3})$$

$$p_{\text{hdov}} \leq 300 \rightarrow p_{\text{hp}} = 250 \text{ kPa}$$

### Předběžný objem expanzní nádoby

$$V_{\text{ep}} = V_e \cdot (p_{\text{hp}} + 100) / (p_{\text{hp}} - p_d)$$

$$V_{\text{ep}} = 0,007 \cdot (250 + 100) / (250 - 50)$$

$$V_{\text{ep}} = 0,013 \text{ m}^3$$

Návrh: expanzní nádoba Reflex NG 18/6, objem 18 l, provozní tlak 6 bar

### Průměr expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5}$$

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot 73,8^{0,5}$$

$$d_p = 15,2 \text{ mm} \rightarrow \text{návrh průměr potrubí } 18 \times 1 \text{ mm}$$

## Návrh pojistného ventilu

Průřez sedla pojistného ventilu  $S_o = (Q_p) / (\alpha_w \cdot K) \quad [\text{mm}^2]$

Pojistný výkon  $Q_p = Q_n \quad [\text{kW}]$

Vnitřní průměr pojistného potrubí  $d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p}$

$p_{ot} \text{ [kPa]}$	250
$K \text{ [kW} \cdot \text{mm}^2]$	1,12

Zdroj tepla:	Skupina:	Teplotní interval [°C]	vstup do PV	výstup z PV
<input type="radio"/> výměník tepla	A1	$T_1 < 100$	voda	voda
<input checked="" type="radio"/> kotel	A2	$100 < T_1 \leq t_{2x}$	voda	směs
	A3	$100 \leq t_{2x} \leq T_1$	pára	pára
	<input checked="" type="radio"/> B		pára	pára

$T_1$  - výpočtová teplota ohřívací vody na vstupu

$t_{2x}$  - teplota ohřívání vody na mezi odparu při přetlaku  $p_{ot}$

**Výpočtové parametry pojistných ventilů:** HONEYWELL

jmenovitá světlost DN [mm]	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"
nejmenší průtočný průřez $S_o$ [mm <sup>2</sup> ]	201	201	452	572		
výtokový součinitel $\alpha_w$ [-]	0,289	0,449	0,558	0,583		

**Poznámka:** Přednastavené hodnoty průtočného průřezu a výtokového součinitele můžete změnit a výpočet se provede znovu pro Vámi zadané hodnoty.

$p_{ot} = 250 \text{ kPa}$  ... otevírací přetlak pojistného ventilu  
 $Q_n = 73,8 \text{ kW}$  ... jmenovitý výkon zdroje tepla  
 $S_o = 265 \text{ mm}^2$  ... vypočtený minimální průřez sedla pojistného ventilu  
**SM 120- 1"** ... navržený pojistný ventil  
 $S_o = 452 \text{ mm}^2$  ... skutečný průřez sedla navrženého pojistného ventilu  
 $d_1 = 27 \text{ mm}$  ... minimální vnitřní průměr **vstupního** pojistného potrubí  
 $d_2 = 27 \text{ mm}$  ... minimální vnitřní průměr **výstupního** pojistného potrubí

Navrhuji pojistný ventil HONEYWELL SM 120 – 1''



## 11 Návrh ostatních zařízení (VARIANTA A)

### Návrh hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků

Průtok M 5,28 m<sup>3</sup>/h

Návrh: ELT HVDT typ II

### Návrh změkčovače vody

Objem vody v otopné soustavě 0,6 m<sup>3</sup> → 600 l

Výkon zdroje tepla 73,8 kW

Návrh: REFLEX Fillsoft pro soustavy do objemu 6000 l

### Návrh doplňovacího zařízení

Pro automatické doplnění vody do systému při poklesu tlaku a měření průtoku

Návrh: REFLEX Fillcontrol Plus

### Návrh expanzní nádoby k zásobníkovému ohřívači

$V_z = 1492 \text{ l}$

4% z  $V_z = 60 \text{ l}$

Návrh: REFLEX Refix DT 80/10, objem 80 l

## 12 Návrh ostatních zařízení (VARIANTA B)

### Návrh hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků

Průtok M 5,41 m<sup>3</sup>/h

Návrh: ELT HVDT typ II

### Návrh změkčovače vody

Objem vody v otopné soustavě  $0,35 \text{ m}^3 \rightarrow 350 \text{ l}$

Výkon zdroje tepla  $73,8 \text{ kW}$

Návrh: REFLEX Fillsoft pro soustavy do objemu 6000 l

### Návrh doplňovacího zařízení

Pro automatické doplnění vody do systému při poklesu tlaku a měření průtoku

Návrh: REFLEX Fillcontrol Plus

## 13 Návrh větrání technické místnosti

### Zimní období

Objem místnosti  $V = 82,5 \text{ m}^3$

Průtok vzduchu pro větrání  $0,5 / \text{h}$   $V_{\min} = n \cdot V$

$$V_{\min} = 0,5 \cdot 82,5$$

$$V_{\min} = 41,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{\min} = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

Výkon zdroje pro zimní období  $Q_{z,z} = p \cdot Q_z$

$$Q_{z,z} = 0,01 \cdot 73,8 \cdot 1000$$

$$Q_{z,z} = 738 \text{ W}$$

Tepelná ztráta prostupem  $Q_t = 339 \text{ W}$

Výpočtová teplota vnitřní  $t_i = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Výpočtová teplota vnější  $t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$

Měrná tepelná ztráta prostupem  $H_T = Q_T / (t_i - t_e)$

$$H_T = 339 / (15 - (-12))$$

$$H_T = 12,6 \text{ W/K}$$

Měrná tepelná ztráta větráním	$H_V = V \cdot \rho \cdot c$ $H_V = 0,012 \cdot 1300$ $H_V = 15,6 \text{ W/K}$
Teplota vzduchu za návrhových podmínek	$t_{i,z} = t_e + (Q_{z,z} / (H_T + H_V))$ $t_{i,z} = -12 + (738 / (12,6 + 15,6))$ $t_{i,z} = 14,17 \text{ °C}$

Technickou místnost není třeba vytápět, protože vnitřní teplota vyšla 14,17 °C a ta je větší než předepsaná teplota 7,5 °C.

### Letní období

Výkon zdroje tepla pro letní období	$Q_z = 20,1 \text{ kW}$
Orientace místnosti – okno - východ	$I_v = 80 \text{ W/m}^2$
Plocha okna	$S_o = 2,25 \text{ m}^2$
Průměrná teplota v létě	$t_e = 16,8 \text{ °C}$
Tepelné zisky	$Q_{zisk} = p \cdot Q_z + I \cdot S_o$ $Q_{zisk} = 0,015 \cdot 20,1 \cdot 1000 + 80 \cdot 2,25$ $Q_{zisk} = 482 \text{ W}$
Měrná tepelná zátěž větráním	$H_v = V \cdot \rho \cdot c$ $H_v = 0,012 \cdot 1300$ $H_v = 15,6 \text{ W/K}$
Teplota vzduchu	$t_{i,L} = t_e + (Q_{zisk} / H_v)$ $t_{i,L} = 16,8 + (482 / 15,6)$ $t_{i,L} = 47,7 \text{ °C}$

Vypočtená vnitřní teplota je 47,7 °C, což nevyhovuje přípustné teplotě 35 °C, proto je nutné zvýšit průtok vzduchu.

Průtok vzduchu	$V_L = Q_{zisk} / \rho \cdot c \cdot (t_i - t_e)$ $V_L = 482 / 1300 \cdot (35 - 16,8)$ $V_L = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ $V_L = 72 \text{ m}^3/\text{h}$
----------------	---

Výměna vzduchu	$n = V_L / V$
	$n = 72 / 82,5$
	$n = 0,87 / h$

Navrhuji nucené větrání technické místnosti. Přívod vzduchu bude zajištěn venkovní žaluzií, která bude umístěna ve venkovní stěně a odvod vzduchu bude zajištěn nástěnným axiálním ventilátorem, který bude ve venkovní stěně. Nucené větrání bude podtlakové.

Přívod vzduchu – Žaluziová klapka Elektrodesign PER 100 W

Kruhové potrubí DN 100

Odvod vzduchu – Malý axiální ventilátor TDM 100 IPX4

Žaluziová klapka Elektrodesign PER 100W

Kruhové potrubí DN 100

## 14 Roční potřeba tepla a paliva

### Ohřev teplé vody

Spotřeba teplé vody	$V_{w,f} = 4,999 \text{ m}^3/\text{den}$
---------------------	--

Vstupní teplota vody	$t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
----------------------	-----------------------------------

Proměnlivá vstupní teplota:

Léto	$t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
------	-----------------------------------

Zima	$t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
------	-----------------------------------

Výstupní teplota vody	$t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
-----------------------	-----------------------------------

Teplo pro ohřev vody	$E_{TV,d} = V \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$
----------------------	--

$$E_{TV,d} = 4,999 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10)$$

$$E_{TV,d} = 262 \text{ kWh/den}$$

Korekce vstupní teploty	$k_t = (t_{TV} - t_{SV,L}) / (t_{TV} - t_{SV,Z})$
-------------------------	---

$$k_t = (55 - 15) / (55 - 10)$$

$$k_t = 0,89$$

Roční potřeba tepla	$E_{TV,rok} = E_{TV,d} \cdot d + k_t \cdot E_{TV,d} \cdot (350 - d)$ $E_{TV,rok} = 262 \cdot 242 + 0,89 \cdot 242 \cdot (350-242)$ $E_{TV,rok} = 86,7 \text{ MWh/rok}$
Účinnost distribuce	$\eta_{distr} = 50 \%$
Spotřeba energie	$E_{TV,sk} = E_{TV,rok} / \eta_{distr}$ $E_{TV,sk} = 86,7 / 0,5$ $E_{TV,sk} = 173,4 \text{ MWh/rok}$

### Vytápění

Celková tepelná ztráta	$Q_{TZ} = 42,715 \text{ kW}$
Výpočtová venkovní teplota	$t_e = -12 \text{ °C}$
Výpočtová vnitřní teplota	$t_i = 18 \text{ °C}$
Měrná tepelná ztráta	$H_T = Q / t_i - t_e$ $H_T = 42,715 / (18 - (-12))$ $H_T = 1423 \text{ W/K}$
Součinitel infiltrace	$\varepsilon = 0,85$
Součinitel vlivu snížení vyt.	$e = 0,8$
Počet dnů otopného období	$d = 242 \text{ dní}$
Průměrná teplota místnosti	$t_{is} = 18 \text{ °C}$
Průměrná venkovní teplota	$t_{es} = 3,9 \text{ °C}$
Počet denostupňů	$D = d \cdot (t_{is} - t_{es})$ $D = 242 \cdot (18 - 3,9)$ $D = 3412$
Požadovaná energie	$E = \varepsilon \cdot e \cdot h \cdot D \cdot H_T$ $E = 0,85 \cdot 0,8 \cdot 24 \cdot 3412 \cdot 1423$ $E = 79,2 \text{ MWh/rok}$
Účinnost distribuce	$\eta_{distr} = 95 \%$

Spotřeba energie

$$E_{\text{VYT}} = E / \eta_{\text{distr}}$$

$$E_{\text{VYT}} = 79,2 / 0,95$$

$$E_{\text{VYT}} = 83,4 \text{ MWh/rok}$$

### **Celková roční spotřeba energie**

$$E = E_{\text{TV}} + E_{\text{VYT}}$$

$$E = 173,4 + 83,4$$

$$E = 256,8 \text{ MWh/rok}$$

### **Roční spotřeba paliva**

$$E = 3600 \cdot (E / H)$$

$$E = 3600 \cdot ((256,8 \cdot 10^6) / (35 \cdot 10^6))$$

$$E = 26\,414 \text{ m}^3/\text{rok}$$

## 15 Technická zpráva (VARIANTA A)

### Všeobecně

Projekt řeší vytápění sportovní haly, která slouží jako tělocvična. V objektu je použit systém podlahového vytápění na systémovou desku s tepelným spádem 40/30 °C.

### Použité právní předpisy a technické normy

Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích stavby

Nařízení č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

Vyhláška č. 6/2003 Sb. kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb

ČSN EN 15316 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeby energie a účinnosti soustavy

ČSN EN 12831 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu

### Potřeba tepla

Výpočet tepelných ztrát byl proveden pro vysoké budovy s různými teplotami v pásmech. Výpočtová teplota je -12 °C.

Tepelná ztráta haly: 42,715 kW

Roční potřeba tepla pro vytápění: 83,4 MWh/rok

Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody: 173,4 MWh/rok

Předpokládaná spotřeba zemního plynu o výhřevnosti 33 MJ/m<sup>3</sup> při účinnosti 95% bude cca 26 414 m<sup>3</sup>/rok. Při výpočtu je vycházeno z průměrné venkovní teploty v otopném období a počtu dnů topného období.

### Zdroj tepla

Jako zdroj tepla je použita kaskáda třech plynových kondenzačních kotlů CGB-2 24 s celkovým výkonem 73,8 kW. Modulovaný výkon jednoho kotle je 4,8 – 25,8 kW. Součástí kotle je expanzní nádoba o objemu 10 l. Výkon je řízen ekvitermní regulací. Kotle budou umístěny v technické místnosti.

## **Odvod spalin**

Spaliny budou odvedeny vertikálním koaxiálním odkouřením Ø60/100 mm. Spaliny budou odvedeny přes střešní konstrukci do venkovního prostoru.

## **Příprava teplé vody**

Příprava teplé vody je zajištěna pomocí zásobníkového ohřívače vody s integrovaným výměníkem s možností připojení elektrického topného tělesa. Užitený objem zásobníku je 1466 l.

## **Bezpečnostní zařízení**

V systému je navržena expanzní nádoba REFLEX NG 25/6 o objemu 25 l. Dále je navržen pojistný ventil HONEYWELL SM 120-1“.

## **Podlahové vytápění**

Bude použit systém podlahového vytápění na systémovou desku. V prostoru tělocvičny bude 6 rozdělovačů podlahového vytápění. Trubky jsou polybutylenové s dimenzí 15 x 1,5 mm v roztečích 150 mm. Potrubí bude zalito betonovou vrstvou. Pomocí ventilů obsažených ve sběrači budou nastaveny průtoky jednotlivými okruhy na hodnoty, které jsou ve výkresové dokumentaci na základě hydraulického výpočtu. Rozdělovače jsou opatřeny průtokoměry. Rozvody, které procházejí zdmi musí být opatřeny ochrannou trubicí. Při realizaci je nutné se řídit předepsanými pravidly a technickými údaji výrobce.

## **Zkoušky zařízení**

Tlaková zkouška podlahového vytápění bude provedena před zalitím topného hadu betonovou mazaninou. Zkušební tlak má být dvojnásobkem pracovního tlaku, minimálně však 600 kPa. Tlak v potrubí bude udržován i během provádění roznášecí vrstvy. Výsledek zkoušky se zapíše do protokolu. Dále bude dle ČSN 060310 provedena topná zkouška.

## **Ostatní profese**

Pro možnost napuštění soustavy vodou je nutné přivést do technické místnosti přívod vody. Dále je potřeba zajistit přívod elektrické energie pro možnost provedení instalací MaR.



## 16 Technická zpráva (VARIANTA B)

### Všeobecně

Projekt řeší vytápění sportovní haly, která slouží jako tělocvična. V objektu je použit systém stěnového vytápění mokrým způsobem s tepelný spádem 45/38 °C.

### Použité právní předpisy a technické normy

Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích stavby

Nařízení č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

Vyhláška č. 6/2003 Sb. kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb

ČSN EN 15316 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeby energie a účinnosti soustavy

ČSN EN 12831 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu

### Potřeba tepla

Výpočet tepelných ztrát byl proveden pro vysoké budovy s různými teplotami v pásmech. Výpočtová teplota je -12 °C.

Tepelná ztráta haly: 42,715 kW

Roční potřeba tepla pro vytápění: 83,4 MWh/rok

Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody: 173,4 MWh/rok

Předpokládaná spotřeba zemního plynu o výhřevnosti 33 MJ/m<sup>3</sup> při účinnosti 95 % bude cca 26 414 m<sup>3</sup>/rok. Při výpočtu je vycházeno z průměrné venkovní teploty v otopném období a počtu dnů topného období.

### Zdroj tepla

Jako zdroj tepla je použita kaskáda třech plynových kondenzačních kotlů CGB-2 24 s celkovým výkonem 73,8 kW. Modulovaný výkon jednoho kotle je 4,8 – 25,8 kW. Součástí kotle je expanzní nádoba o objemu 10 l. Výkon je řízen ekvitermní regulací. Kotle budou umístěny v technické místnosti.

## **Odvod spalin**

Spaliny budou odvedeny vertikálním koaxiálním odkouřením Ø60/100 mm. Spaliny budou odvedeny přes střešní konstrukci do venkovního prostoru.

## **Příprava teplé vody**

Příprava teplé vody je zajištěna pomocí zásobníkového ohřívače vody s integrovaným výměníkem s možností připojení elektrického topného tělesa. Užitný objem zásobníku je 1466 l.

## **Bezpečnostní zařízení**

V systému je navržena expanzní nádoba REFLEX NG 18/6 o objemu 18 l. Dále je navržen pojistný ventil HONEYWELL SM 120-1“.

## **Stěnové vytápění**

Bude použit systém stěnového vytápění mokrým způsobem. V prostoru tělocvičny bude 6 rozdělovačů stěnového vytápění. Trubky jsou polybutylenové s dimenzí 8 x 1 mm v roztečích 60 mm. Potrubí bude opatřeno omítkou. Pomocí ventilů obsažených ve sběrači budou nastaveny průtoky jednotlivými okruhy na hodnoty, které jsou ve výkresové dokumentaci na základě hydraulického výpočtu. Rozdělovače jsou opatřeny průtokoměry. Při realizaci je nutné se řídit předepsanými pravidly a technickými údaji výrobce.

## **Zkoušky zařízení**

Tlaková zkouška stěnového vytápění bude provedena před zaomítáním topného hadu. Zkušební tlak má být dvojnásobkem pracovního tlaku, minimálně však 600 kPa.. Výsledek zkoušky se zapíše do protokolu. Dále bude dle ČSN 060310 provedena topná zkouška.

## **Ostatní profese**

Pro možnost napuštění soustavy vodou je nutné přivést do technické místnosti přívod vody. Dále je potřeba zajistit přívod elektrické energie pro možnost provedení instalací MaR.

## 17 Hodnocení použitých variant

### **Prostorové nároky:**

Potřebná plocha pro stěnové vytápění je 300 m<sup>2</sup> a pro podlahové vytápění 885 m<sup>2</sup>.

### **Vnitřní prostředí:**

Obě varianty předávají teplo do prostoru převážně sáláním, proto v obou případech bude v objektu rovnoměrné rozložení teplot.

### **Ekonomické náklady:**

Zdroje tepla: cca 160 000,-

Rozdělovače: cca 60 000,-

Podlahové vytápění: cca 460 000,-

Stěnové vytápění: cca 350 000,-

Varianty se liší o cca 110 000,-. Výhodněji vychází systém se stěnovým vytápěním.

V případě sportovní haly bych volila podlahové vytápění z důvodu prostorových nároků. Při použití stěnového vytápění budou okruhy umístěny na všech stěnách objektu, a to způsobí velmi obtížné umístění ostatních cvičebních pomůcek, jako jsou například žebřiny apod.

## 18 Technické listy zařízení

**Regulus**

### Technický list

#### Zásobník RBC 1500

- 1/3 -

v1.1.0\_03/2017

# RBC 1500

## Elektrické topné těleso

typ A

typ M

## Magneziová anoda

## Základní charakteristika

Použití	příprava teplé vody
Popis	zásobníkový ohřivač vody s integrovaným výměníkem a s možností připojení el. topného tělesa
Pracovní kapalina	voda (zásobník), voda, směs voda-glykol nebo směs voda-glycerin (max. 2:1) (výměník)
Objednací kód	7 834

## Energetické parametry (dle Nařízení Komise (EU) č. 813/2013)

	<b>RBC 1500</b>
Třída energetické účinnosti	<b>neudává se</b>
Statická ztráta	<b>242 W</b>
Užitný objem	<b>1466 l</b>

## Technické údaje

Celkový objem zásobníku	1492 l
Objem kapaliny v zásobníku	1466 l
Objem kapaliny ve výměníku	26 l
Plocha výměníku	4,2 m²
Max. teplota v zásobníku	95 °C
Max. teplota ve výměníku	110 °C
Max. tlak v zásobníku	10 bar
Max. tlak ve výměníku	10 bar

## Materiály

Materiál zásobníku	S235JR, vnitřní povrch smaltovaný (DIN 4756)
Materiál výměníku	S235JR+N, vnější povrch smalt (DIN 4756)
Materiál izolace	PU pěna (měkká)
Vnější povrch izolace	plast

## Příprava teplé vody z 10 °C na 45 °C při teplotě otopné vody 60 °C

Výměník	3360 l/h (136,2 kW)
---------	---------------------

## Rozměry, klopná výška a hmotnost

Průměr zásobníku	1000 mm
Průměr zásobníku s izolací	1200 mm
Celková výška zásobníku	2285 mm
Klopná výška	2590 mm
Hmotnost prázdného zásobníku	282 kg

## Příslušenství

Elektrické topné těleso	typy ETT-A, D, F, G, M
Max. délka / výkon topného tělesa	815 mm / 12,0 kW
Elektronická anoda	objednací kód 14 429

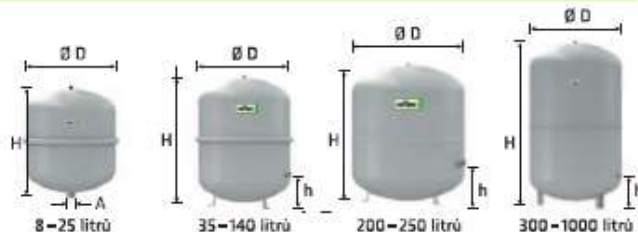
## Náhradní díly (magneziové anody)

Mg anoda (A1), G 5/4"	objednací kód 3 698
Mg anoda do příruby (A2,3), G 5/4"	objednací kód 448
Mg anoda - řetízková, G 5/4"	objednací kód 13 112

# Technická data Reflex

## Reflex NG, N

- pro uzavřené soustavy topení a chlazení
- závitové připojení
- od 35 litrů stojaté provedení
- membrána podle DIN EN 13831
- přípustná teplota 70 °C
- koncentrace glykolu max 30 %
- schválení podle směrnice pro tlaková zařízení 97/23/EG



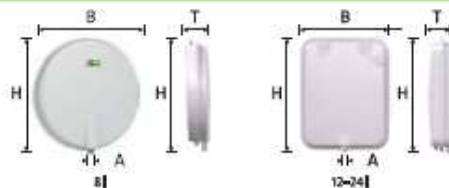
6 bar	Typ *	Obj. číslo šedá bílá	Počet na paletě	Hmotnost (kg)	Ø D (mm)	H (mm)	h (mm)	A	Přetlak plynu (bar)
	NG 8/6	8230100 7230107	96	1,6	206	285	—	R ¾	1,5
	NG 12/6	8240100 7240107	72	2,4	280	275	—	R ¾	1,5
	NG 18/6	8250100 7250107	56	3,4	280	345	—	R ¾	1,5
	NG 25/6	8260100 7260107	42	4,2	280	465	—	R ¾	1,5
	NG 35/6	8270100 7270107	24	4,8	354	460	130	R ¾	1,5
	NG 50/6	8001011 7001100	24	5,7	409	493	175	R ¾	1,5
	NG 80/6	8001211 7001300	12	8,7	480	565	175	R 1	1,5
	NG 100/6	8001411 7001500	10	11,4	480	670	175	R 1	1,5
	NG 140/6	8001611 7001700	6	13,1	480	912	175	R 1	1,5
6 bar	N 200/6	8213300 —	4	22,0	634	758	205	R 1	1,5
	N 250/6	8214300 —	4	24,7	634	888	205	R 1	1,5
	N 300/6	8215300 —	—	27,0	634	1092	235	R 1	1,5
	N 400/6	8218000 —	—	47,0	740	1102	245	R 1	1,5
	N 500/6	8218300 —	—	52,0	740	1321	245	R 1	1,5
	N 600/6	8218400 —	—	66,0	740	1531	245	R 1	1,5
	N 800/6	8218500 —	—	96,0	740	1996	245	R 1	1,5
	N 1000/6	8218600 —	—	118,0	740	2406	245	R 1	1,5

↑ V<sub>n</sub> jmenovitý objem v litrech / tlak

\* pro soustavy s maximální teplotou výstupní větve 120 °C

## Reflex F

- ploché expanzní nádoby pro topné a chladicí soustavy, vhodné pro vestavbu do kotlů
- membrána podle DIN EN 13831, přípustná teplota 70 °C
- od 18 litrů s montážním závěsem
- schválení podle směrnice pro tlaková zařízení 97/23 EG

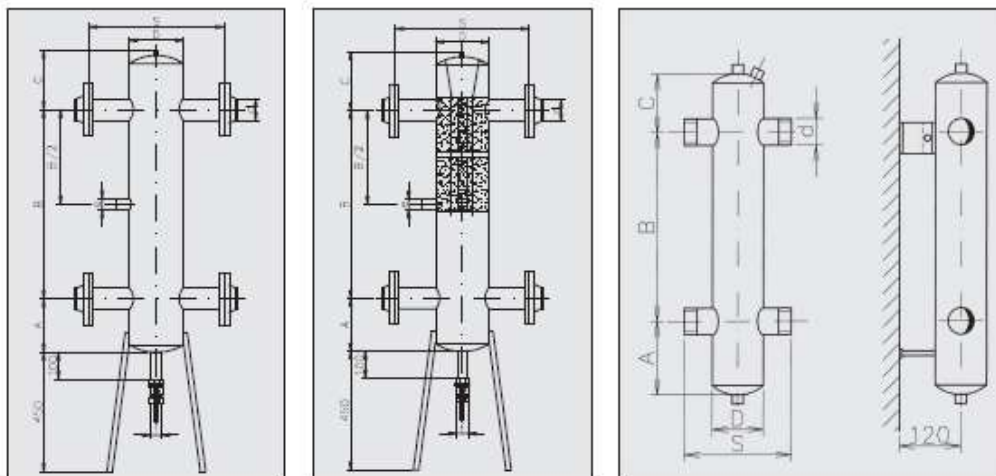


3 bar	Typ *	Obj. číslo bílá	Počet na paletě	Hmotnost (kg)	B (mm)	H (mm)	T (mm)	A	Přetlak plynu (bar)
	F 8/3	9600011	54	6,3	389	389	88	G ¾	0,75
	F 12/3	9600030	36	7,7	444	350	108	G ¾	1,0
	F 15/3	9600040	36	8,2	444	350	134	G ¾	1,0
	F 18/3	9600000	28	8,7	444	350	158	G ¾	1,0
	F 24/3	9600010	25	9,4	444	350	180	G ¾	1,0

↑ V<sub>n</sub> jmenovitý objem v litrech / tlak

\* pro soustavy s maximální teplotou výstupní větve 120 °C

## HYDRAULICKÝ VYROVNÁVAČ DYNAMICKÝCH TLAKŮ HVDT



Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků je určen pro hydraulické oddělení zdrojů tepla od otopné soustavy. Instalací HVDT se odstraní problémy s přebytky dynamických tlaků čerpadel a upraví se celkové hydraulické poměry v síti.

Odvozeným výrobkem s vestavbou pro absorpční odplynění je hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků speciál HVDT-S, který slučuje funkci kontinuálního odplynění topného média s hydraulickou stabilizací okruhů otopné soustavy.

Podmínkou správné funkce HVDT je poměr průtoků topné vody mezi kotlovým okruhem a topnou soustavou. Průtok

kotlovým okruhem by měl být o 5-10% větší, než-li průtok otopnou soustavou. Dodávka je včetně protipřirub PN 6.

**Popis funkce HVDT** – Instalaci HVDT se zajistí:

- přebytek dynamického tlaku oběhových čerpadel kotlového okruhu přenášený do otopné soustavy se vyruší;
- oddělí se otopná soustava bez zásahu do hydraulické stability kotlového okruhu;
- průtok vody kotlovým okruhem není ovlivněn otopnou soustavou.

## HVDT – ZÁKLADNÍ ROZMĚRY

TYP HVDT	MAX. PRŮTOK (m³/hod)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	L (mm)	S (mm)	d (mm)	e (mm)	f
24B	1,8	100	300	65	89	485	169	5/4"	-	-
63B	2,5	110	380	80	108	600	208	6/4"	-	-
1B	4,0	110	400	100	108	600	208	2"	-	-
I	4,0	100	400	100	108	1050	400	57	1"	5/4"
II	8,0	150	500	100	159	1200	400	76	1"	5/4"
III	12,0	200	700	200	219	1550	500	89	1"	5/4"
IV	20,0	200	700	200	219	1550	500	108	5/4"	5/4"
V	30,0	250	900	200	273	1800	560	133	6/4"	6/4"
VI	50,0	300	1000	200	324	1950	620	159	6/4"	6/4"
VIa	80,0	400	1300	250	424	2400	750	219	2"	6/4"
VII	100,0	450	1500	250	508	2650	800	219	2 1/2"	6/4"

\* HVDT 24B, 63B a 1B nemají stojín, jsou určeny k uchycení na zeď (součástí dodávky je nástěnná konzola) a mají vnější závit; povrchová úprava: vnitřní bílá barva radiátorová.

## ORIGINÁLNÍ TEPELNÁ IZOLACE Z PUR PĚNY S VNĚJŠÍ POVRCHOVOU AL ÚPRAVOU

Ke každému HVDT lze nyní objednat i originální tepelnou izolaci z PUR pěny s vnější povrchovou AL úpravou. Jednotlivé výstupní hrdla se již neizolují.

Izolace je dodávána volně, rozložená na dvě poloviny, které se nasadí na tělo HVDT a následně spojí. Povrchová úprava i vlastní

PUR pěna je citlivá na poškození, doporučujeme nasazení izolace těsně před předáním díla.

Pro aktuální cenu prosím laskavě kontaktujte vašeho obchodníka – dodavatele.

## **C EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

# 1 Úvod do experimentálního měření teplovodního stropního vytápění

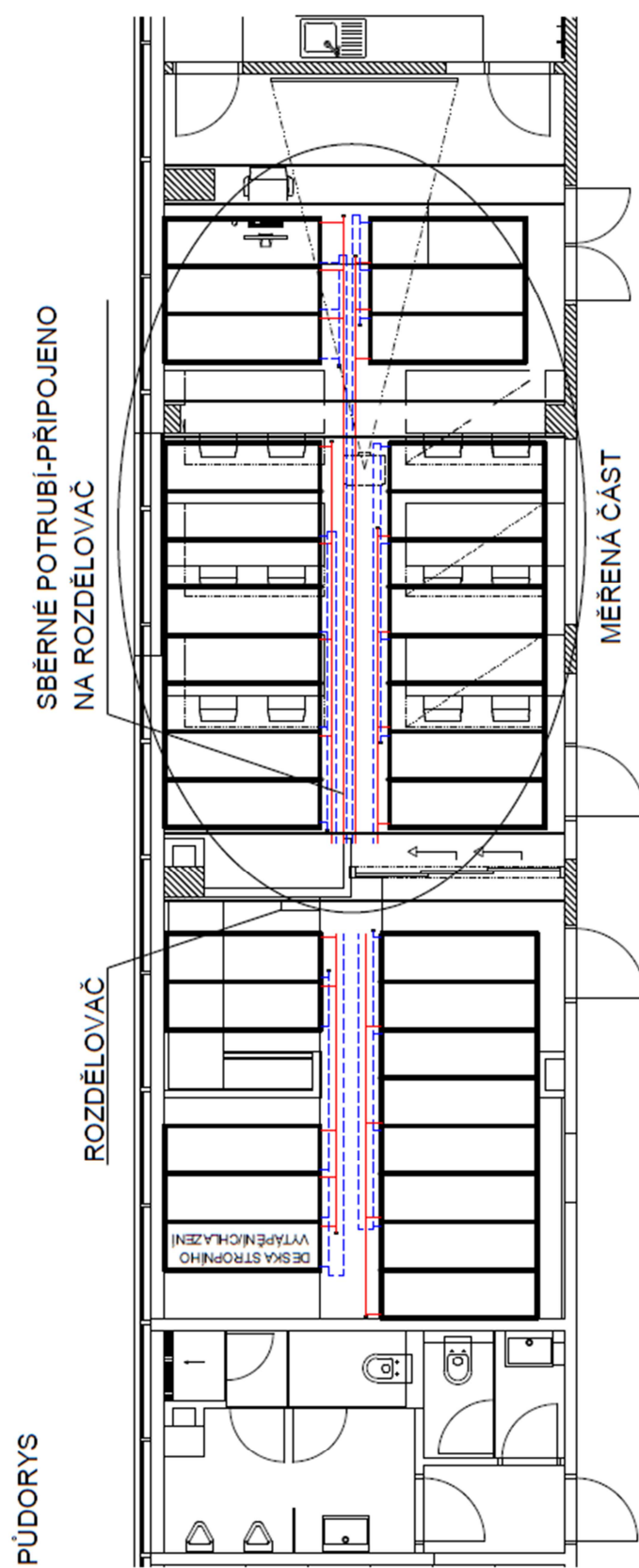
Stropní sálavé vytápění se používá většinou ve větších halách, skladovacích prostorech nebo autosalónech, ale v dnešní době už nejsou výjimkou ani instalace v rodinných nebo bytových domech. Pomocí sálání lze vytvořit příjemné vnitřní klima, kde je pocitová teplota vyšší než teplota vzduchu. Díky tomu lze uspořit více jak 40 % energie oproti jiným systémům.

Úkolem experimentální části bylo zjištění průběhů teplot stropního vytápění a vyhodnocení. Zároveň se stropním vytápěním byla v činnosti i rekuperační jednotka. Měření probíhalo v místnosti s relativní vlhkostí 32 %. Místnost se nachází v budově Nový Tuzex v Brně. Nachází se ve třetím patře a stěny ani jiné konstrukce nejsou zatepleny. Měření probíhalo bez přítomnosti lidí v prostoru. V prostoru byla umístěna čidla pro snímání teplot prostoru, na vnitřní zdi, na obvodové zdi, na podlaze (nášlapná vrstva dlažba a dřevěná podlaha) a na desce stropního vytápění. Výstupem měření jsou snímky pořízené termokamerou a výsledné grafy.

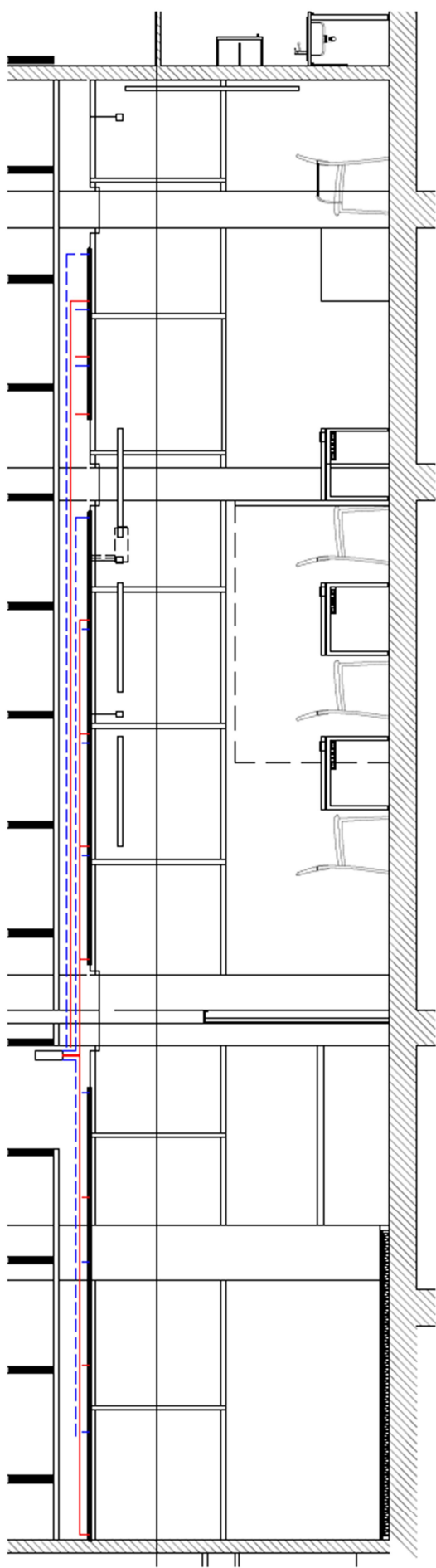
Budova:	Školící místnost Nový Tuzex Brno
Systém:	Teplovodní stropní vytápění – suchý systém
Materiál:	Polybutylenové trubky 10 x 1,3 mm
Rozteč:	77,5 mm
Zdroj tepla:	Tepelné čerpadlo vzduch / voda
Měřené veličiny:	Prostorová teplota Teplota povrchu dlažby Teplota povrchu dřevěné podlahy Teplota na obvodové zdi Teplota na vnitřní zdi Teplota topného stropu
Datum měření:	12. 12. 2017



## 2 Schéma měřené učebny



ŘEZ



### 3 Fotografie měřené místnosti

*Obrázek č. 21 Fotografie měřené místnosti*



*Obrázek č. 22 Fotografie měřené místnosti 2*



## 4 Použitá čidla a zařízení

*Obrázek č. 23 Čidlo č. 1 (dřevěná podlaha)*



*Obrázek č. 24 Čidlo č. 2 (dlažba)*



*Obrázek č. 25 Čidlo č. 3 (vnitřní stěna)*



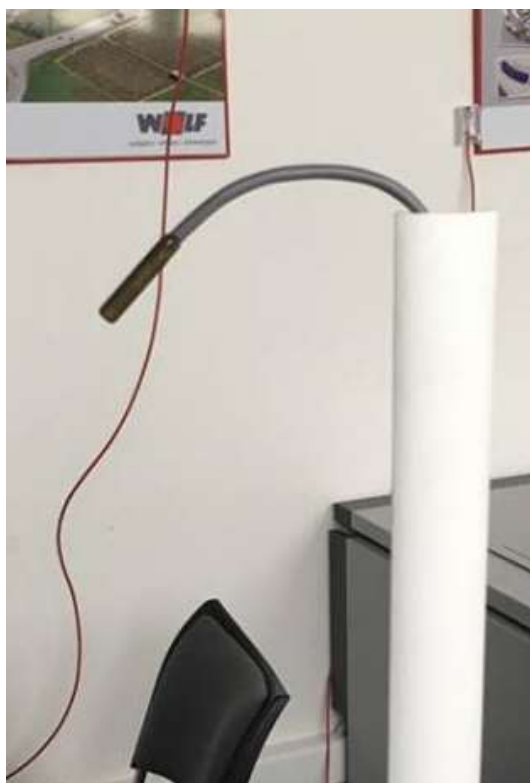
*Obrázek č. 26 Čidlo č. 4 (obvodová zeď)*



*Obrázek č. 27 Čidlo č. 5 (topný strop)*



*Obrázek č. 28 Čidlo č. 6 (prostorová teplota)*



Obrázek č. 29 Termokamera FLIR E50



### **Termokamera FLIR E50**

Teplotní citlivost:	< 0,05 °C
Teplotní rozsah:	-20 - +650 °C
Min. vzdálenost zaostření:	0,4 m
Klasický fotoaparát:	2048 x 1536 px
Barevná paleta:	duha
Nastavení emisivity:	0,90

Obrázek č. 30 MM-2 modul



### **MM-2 směšovací modul**

Napájecí napětí:	230 V (+10/-15 %)
Příkon elektroniky:	< 8 VA
Max. příkon motoru směšovače:	30 VA
Max. příkon na jeden výstup čerpadla:	250 VA
Povolená teplota prostředí při provozu:	0 až 50 °C
Příjem dat:	EEPROM průběžně



Obrázek č. 31 Ovládací BM-2 modul

Zdroj: <https://homebydleni.cz/dum/vytapeni/proc-se-rozhodnout-pro-podlahove-vytapeni/>



### Ovládací BM-2 modul

Použití:	Regulace instalací ústředního vytápění a nastavení parametrů vytápění
Příslušenství:	Čidlo venkovní teploty
Připojovací napětí eBUS:	12-24 V
Příkon:	max. 1,3 W
Teplota prostředí:	0-50 °C
Uchování dat:	EEPROM permanent

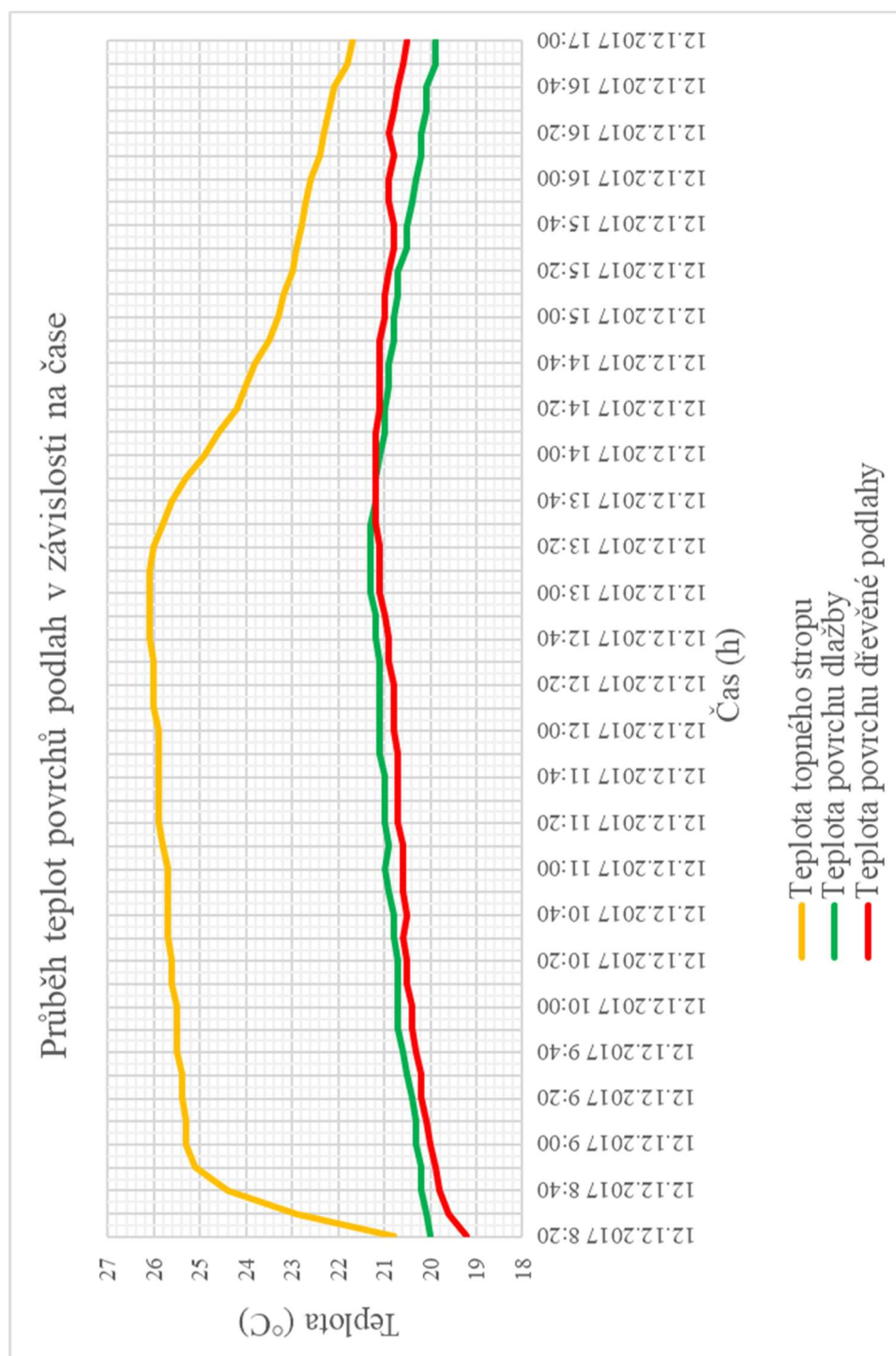
Obrázek č. 32 Modul rozhraní ISM7



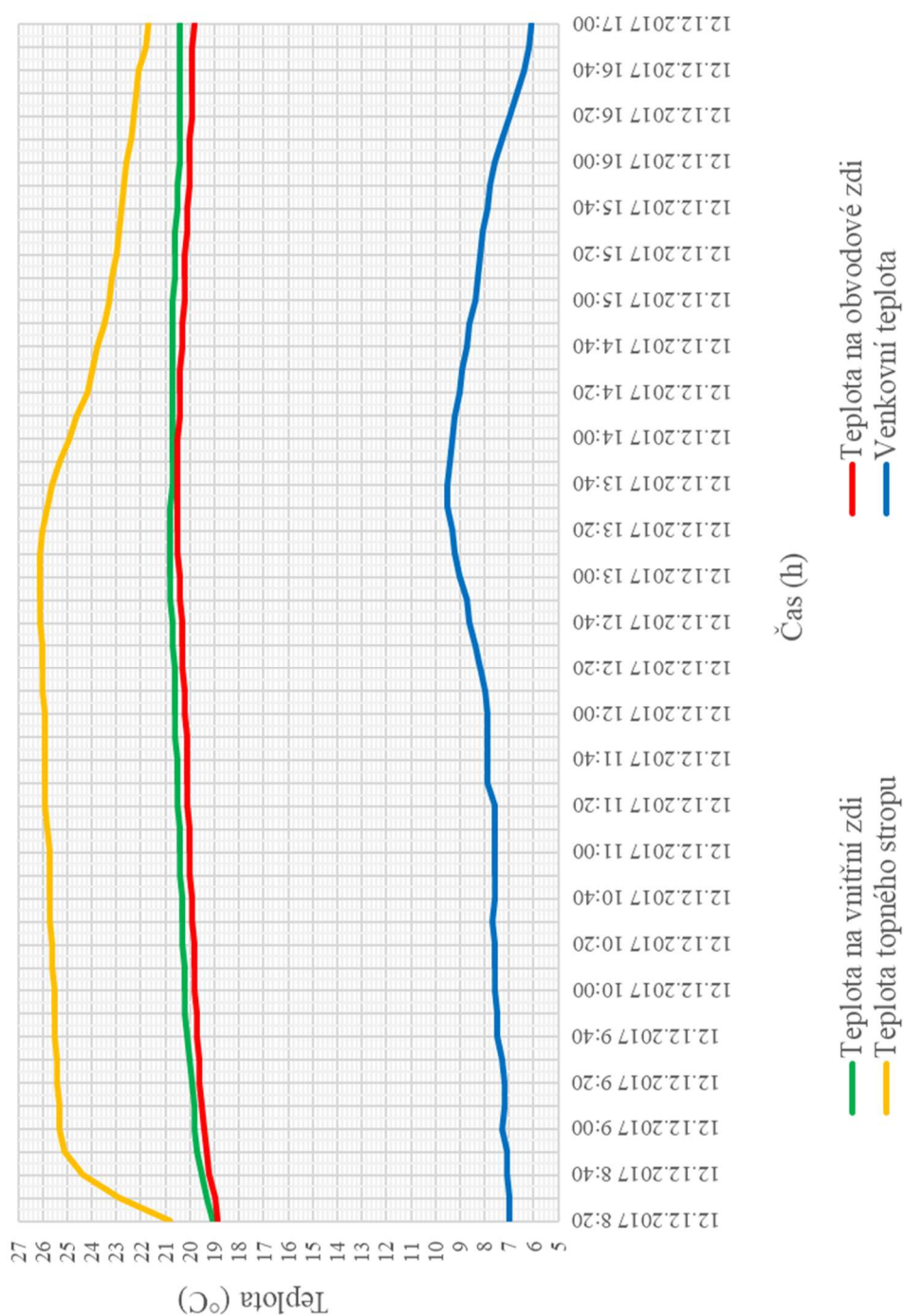
### Modul rozhraní ISM7

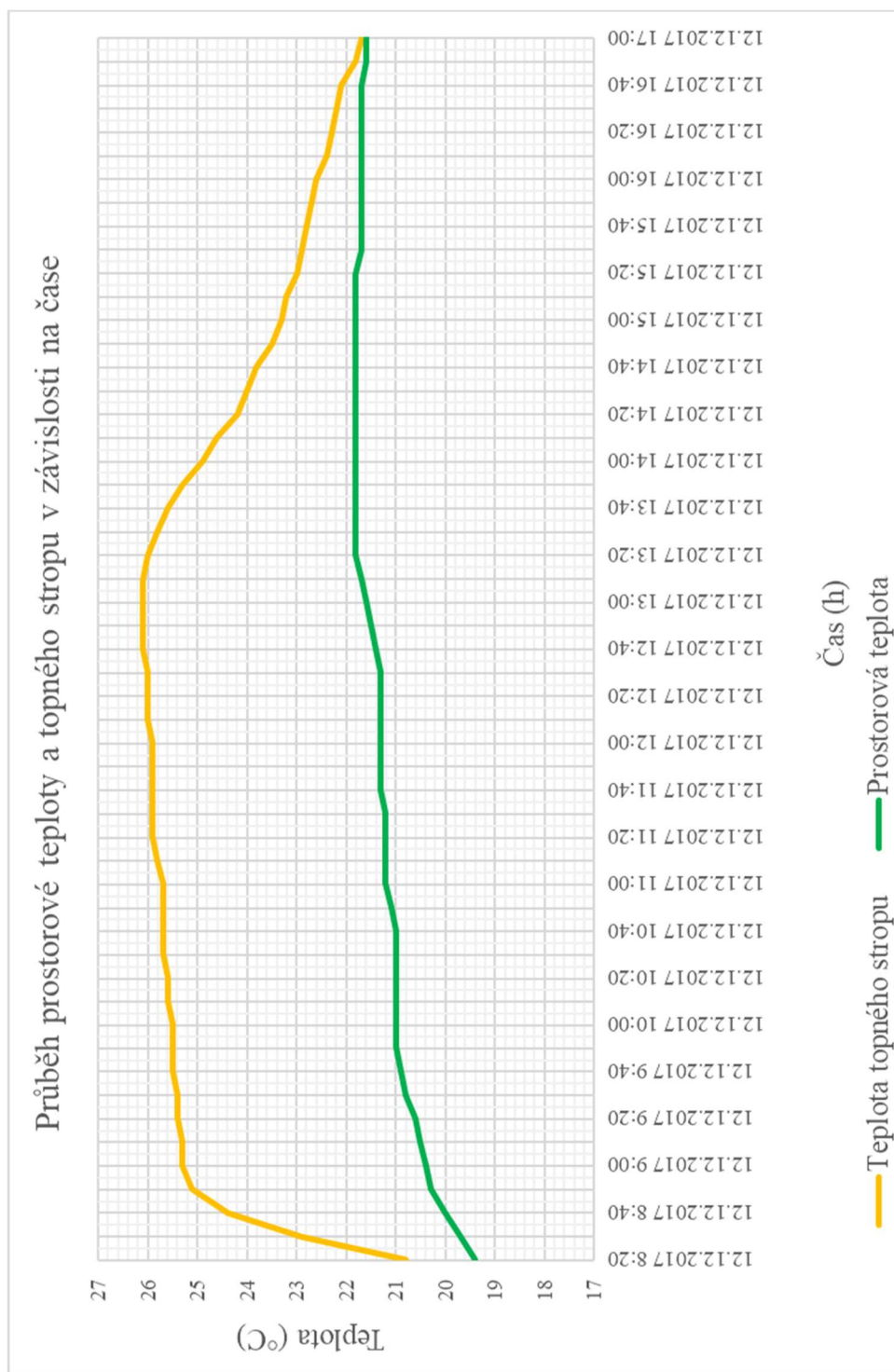
Použití:	Vzdálený přístup ke komponentům systému regulace přes síť a internet
Připojení ke komponentům:	Pomocí datové sběrnice
Napájení:	5VDC přes USB-A Plug
WLAN-Standard:	IEEE 802.11 b/g/n, 2,4 GHz, kanál 1-11
LAN:	RJ45, 10/100 Mbits
Provozní teplota:	0-60 °C
Vlhkost:	20-90 % relativní vlhkost nekondenzující

## 5 Výsledné grafy průběhů naměřených teplot



Průběh teplot zdí, topného stropu a venkovní teploty v závislosti na čase





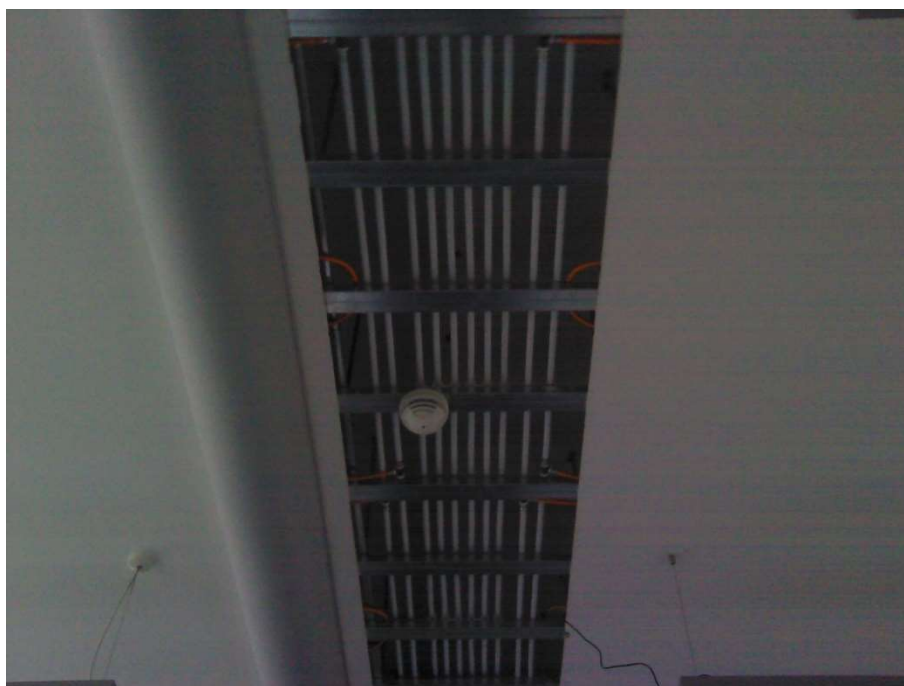
## 6 Maximální a minimální hodnoty naměřených teplot

<b>Maximální hodnoty naměřených teplot °C</b>	
Teplota na vnitřní zdi	20,8
Teplota na obvodové zdi	20,5
Teplota topného stropu	26,1
Teplota dlažby	21,3
Teplota dřevěné podlahy	21,2
Prostorová teplota	21,8
Venkovní teplota	9,5
Přívodní teplota	34,7

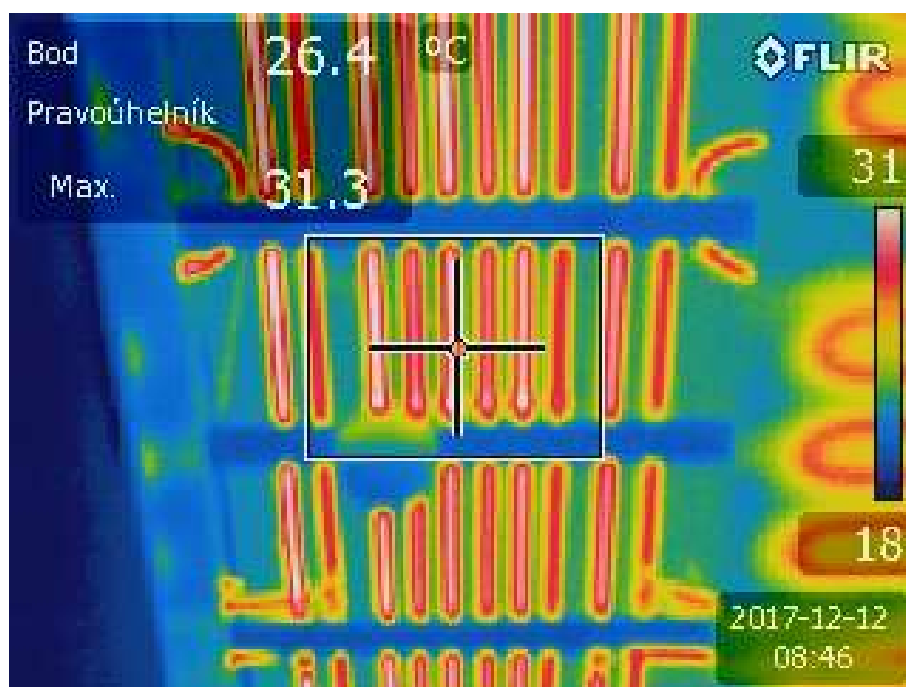
<b>Minimální hodnoty naměřených teplot °C</b>	
Teplota na vnitřní zdi	19,1
Teplota na obvodové zdi	18,9
Teplota topného stropu	20,8
Teplota dlažby	19,9
Teplota dřevěné podlahy	19,2
Prostorová teplota	19,4
Venkovní teplota	6,1
Přívodní teplota	14,7

## 7 Termosnímký pořízené termokamerou FLIR E50

Obrázek č. 33 Fotografie připojovacího potrubí



Obrázek č. 34 Termosnímek připojovacího potrubí

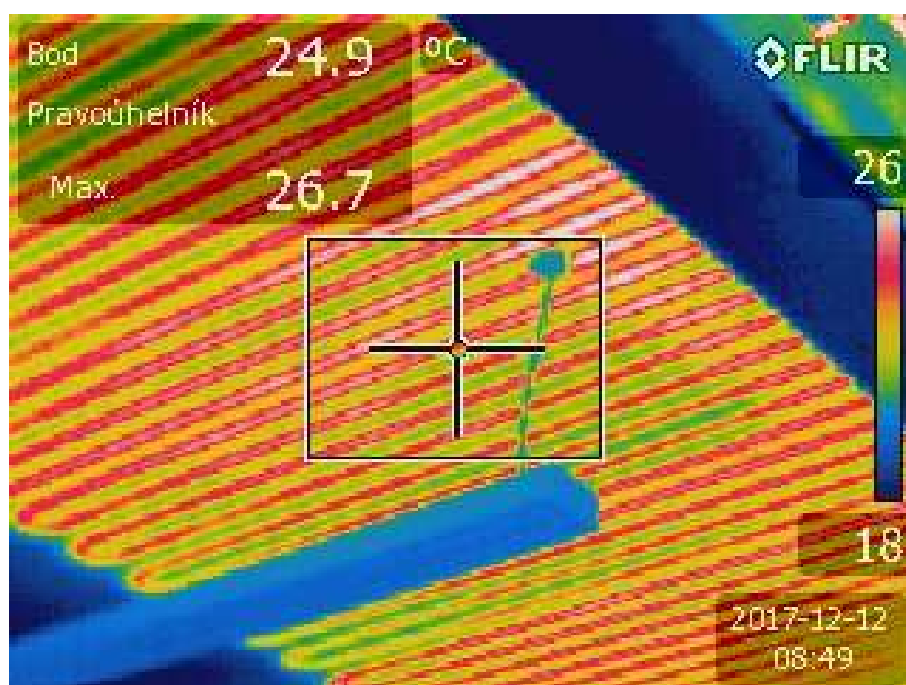




Obrázek č. 35 Fotografie stropního vytápění

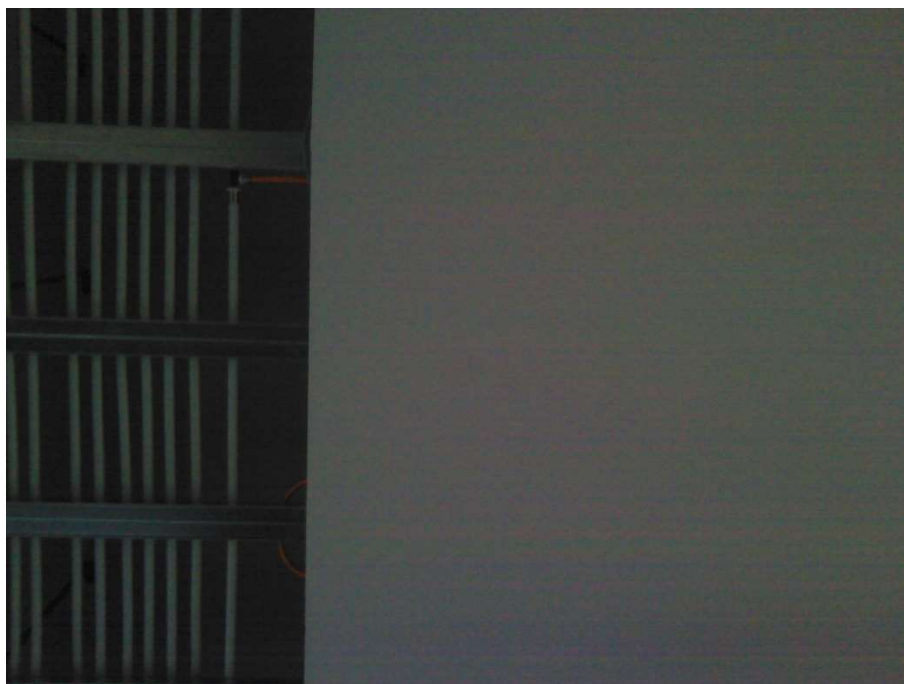


Obrázek č. 36 Termosnímek stropního vytápění

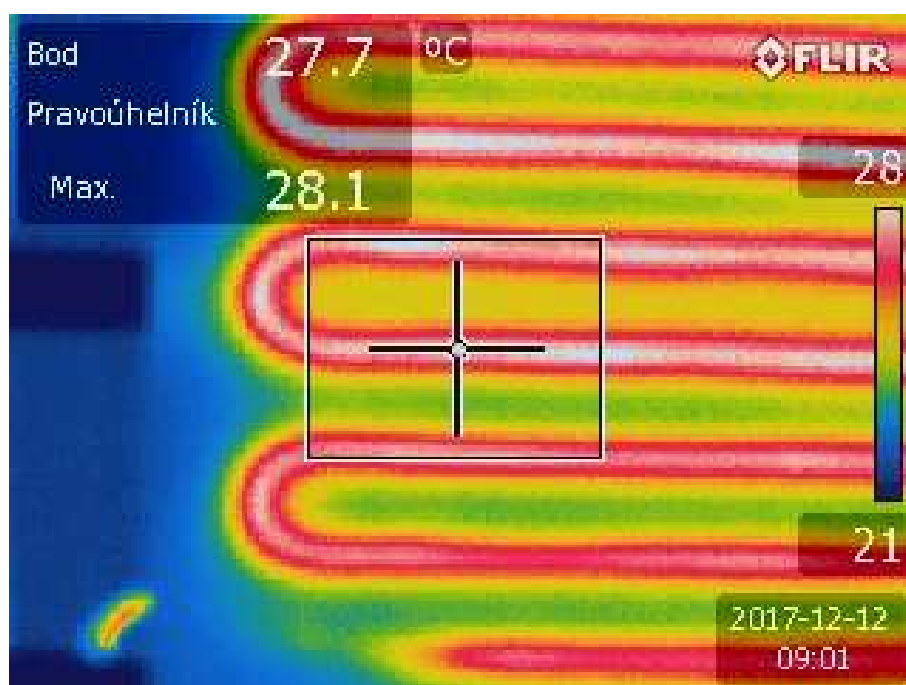




Obrázek č. 37 Fotografie stropního vytápění 2



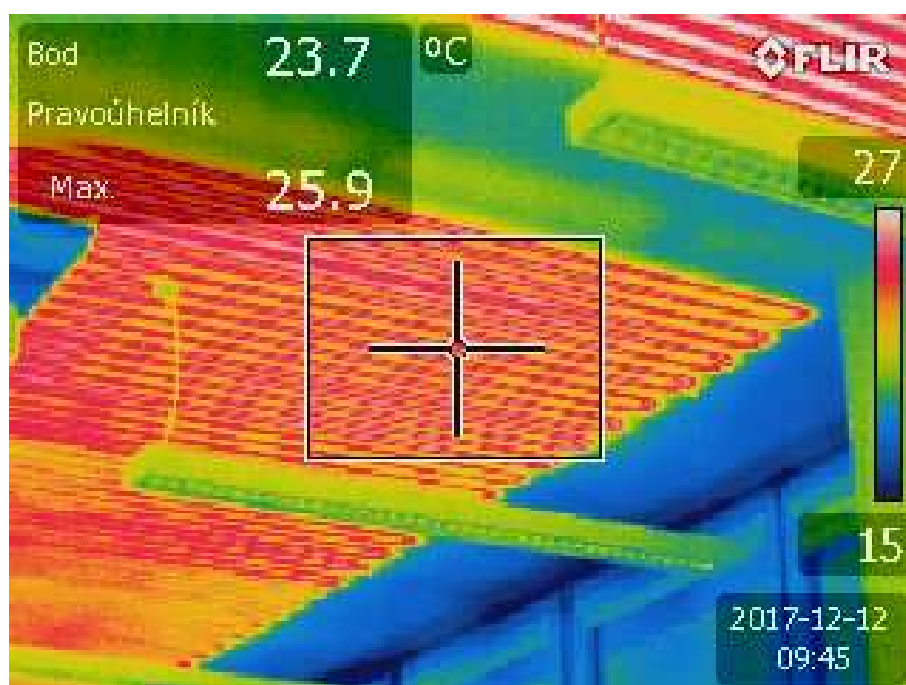
Obrázek č. 38 Termosnímek stropního vytápění 2



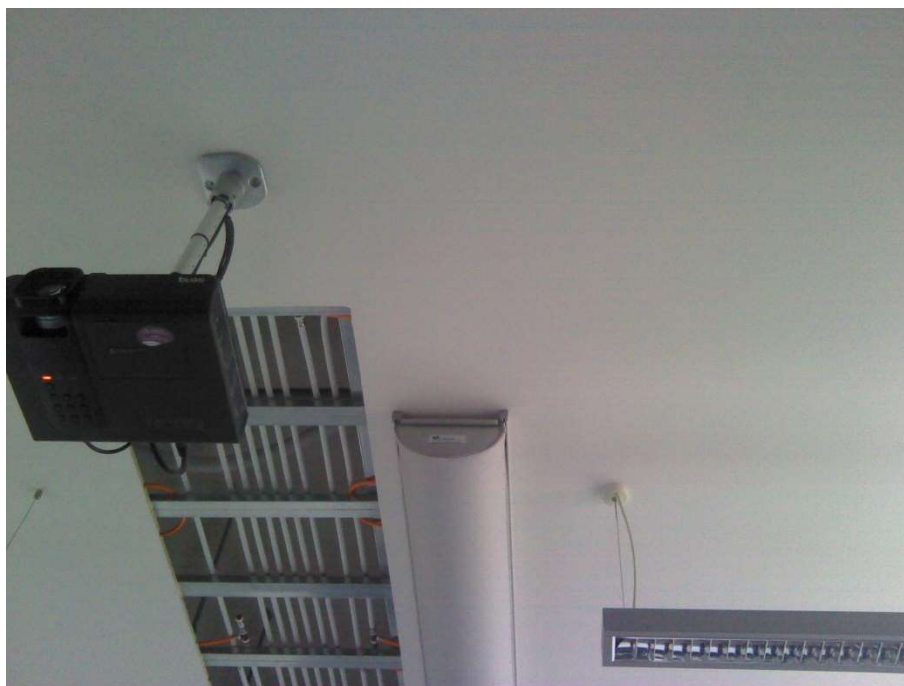
Obrázek č. 39 Fotografie stropního vytápění 3



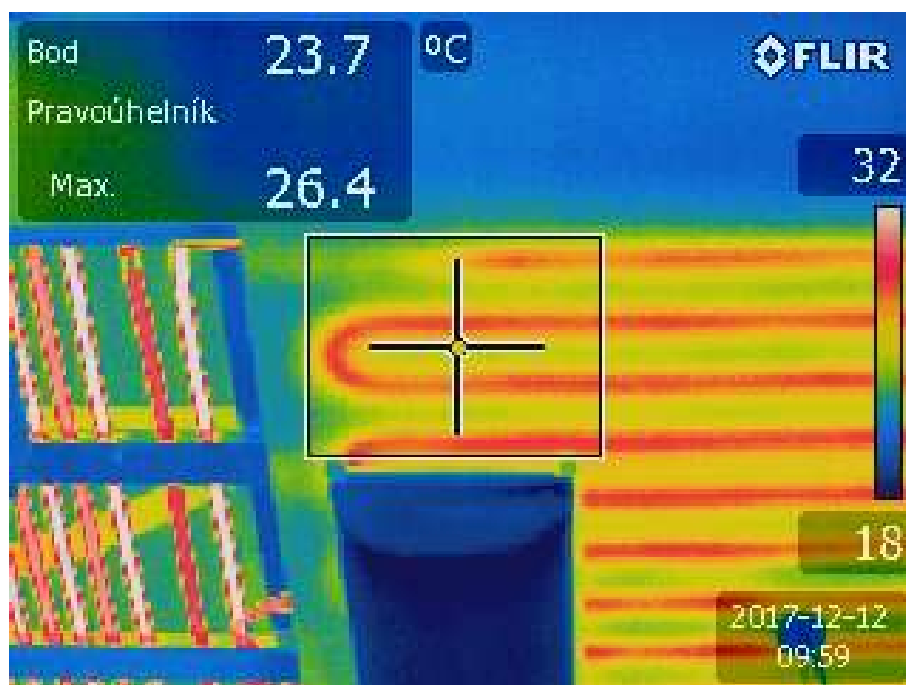
Obrázek č. 40 Termosnímek stropního vytápění 3



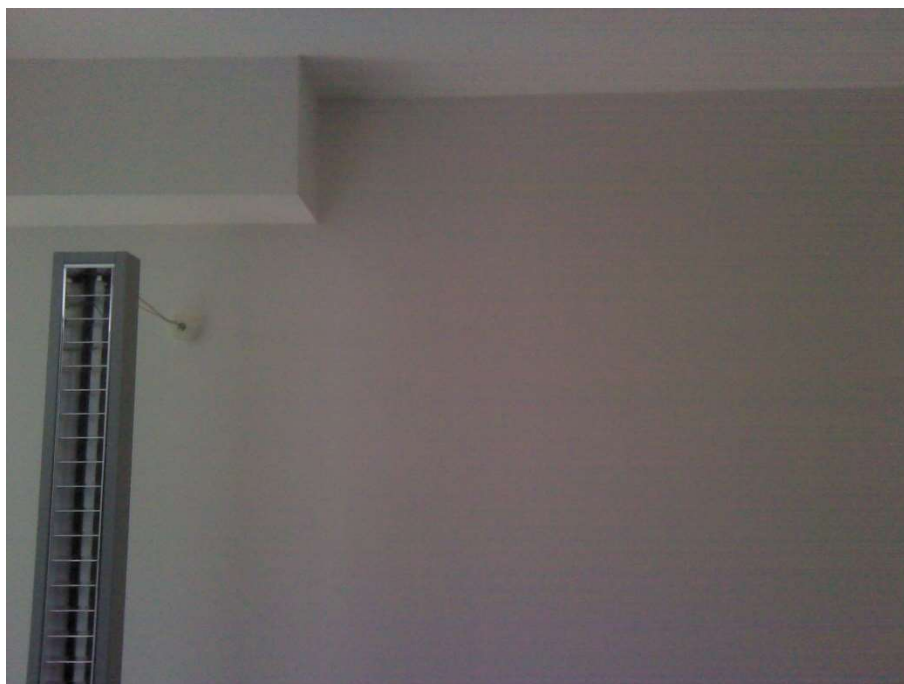
Obrázek č. 41 Fotografie stropního vytápění 4



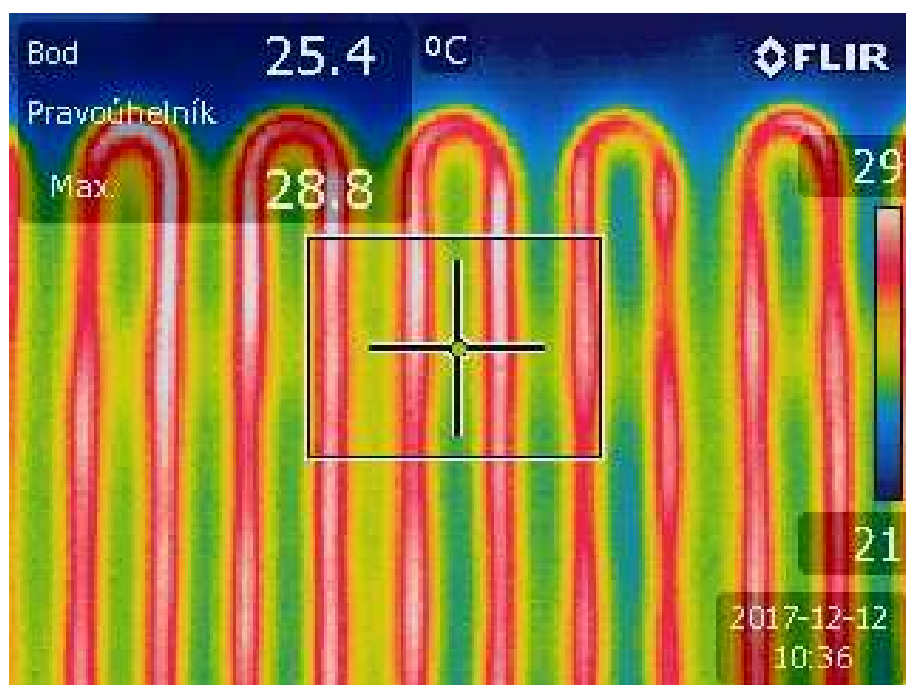
Obrázek č. 42 Termosnímek stropního vytápění 4



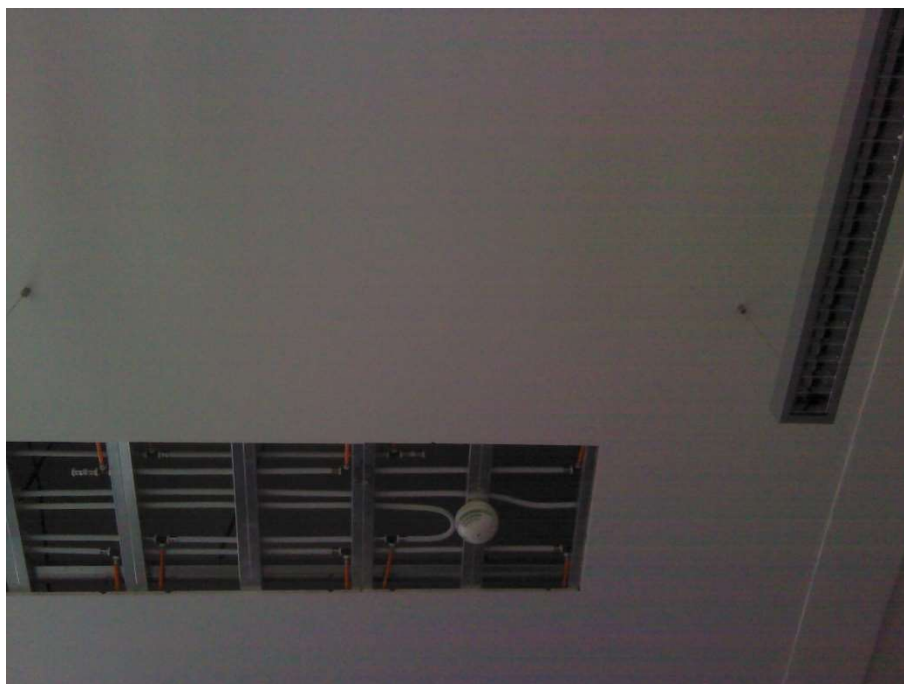
Obrázek č. 43 Fotografie stropního vytápění 5



Obrázek č. 44 Termosnímek stropního vytápění 5



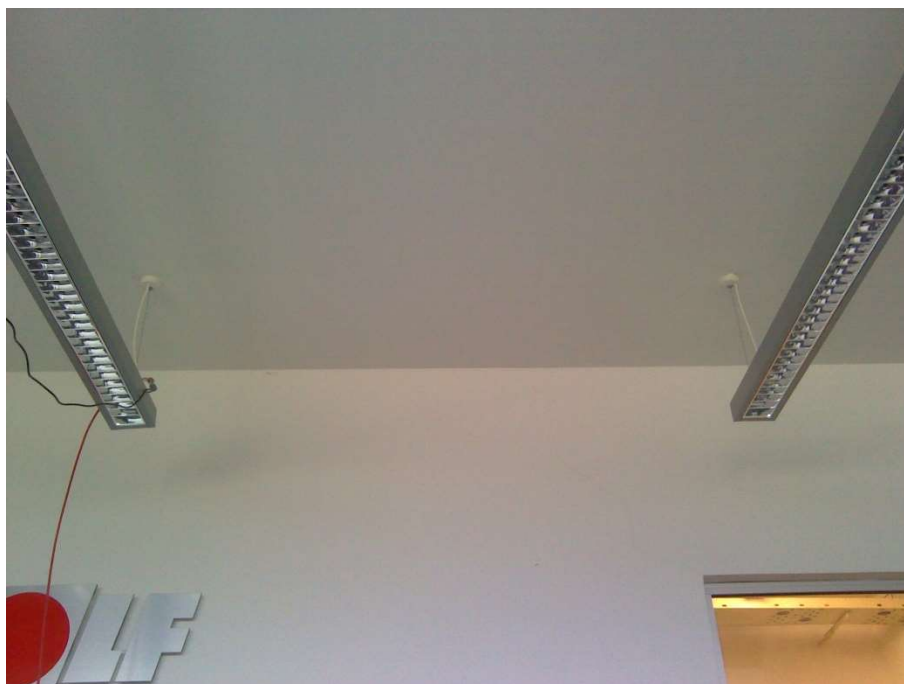
Obrázek č. 45 Fotografie stropního vytápění 6



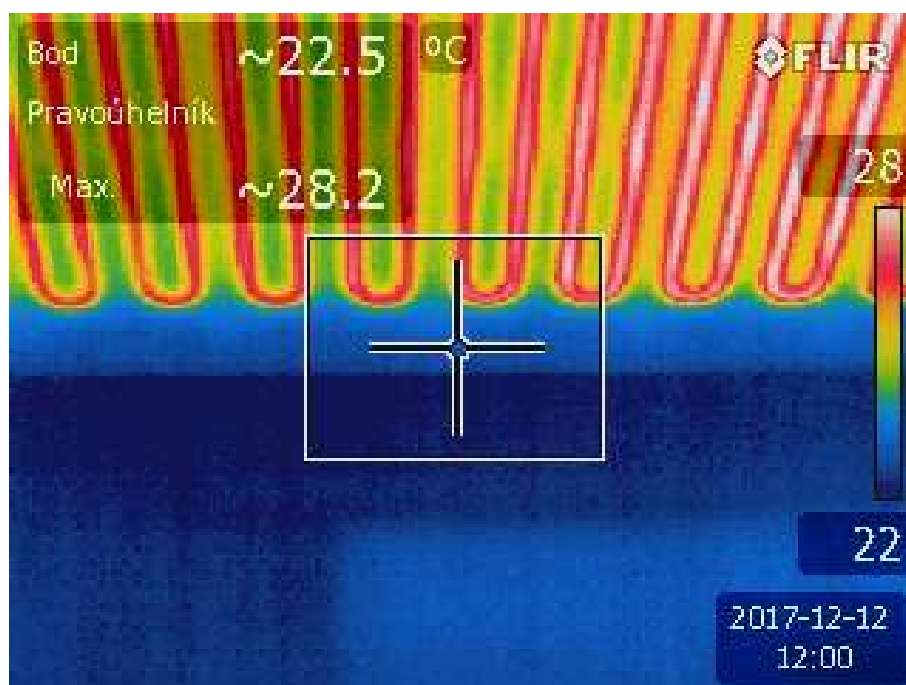
Obrázek č. 46 Termosnímek stropního vytápění 6



Obrázek č. 47 Fotografie stropního vytápění 7



Obrázek č. 48 Termosnímek stropního vytápění 7



## 8 Zhodnocení výsledků experimentálního měření

Z naměřených hodnot je patrné, že pokud je místnost vytápěna stropním vytápěním, je v prostoru rozložení teplot stejnoměrné a nedochází k teplotním výkyvům.

Při maximální teplotě přívodu  $34,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  je teplota v interiéru  $21,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , to znamená, že aby bylo v prostoru příjemné klima, stačí přívodní teplota o nižší teplotě, než je například u otopných těles.

Z grafu průběhu teplot povrchů podlah v závislosti na čase je patrné, že teplota povrchu dřevěné podlahy při počátku měření je nižší než u dlažby, ale na konci měření při vypnutém stropním vytápění je dlažba studenější než dřevěná podlaha. Z toho vyplývá, že dřevěná podlaha má lepší akumulaci vlastností.

Měření termokamerou se od měření čidly liší o  $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Tyto odchylky mohou být způsobeny chybou měření nebo umístěním čidel.

## ZÁVĚR

V první části byly představeny varianty velkoplošného sálavého vytápění, jeho druhy, materiály pro rozvody a příslušenství.

V druhé části jsou dvě varianty vytápění sportovní haly. V první variantě je řešeno podlahové vytápění, v druhé variantě je navrženo stěnové vytápění. Příprava teplé vody je v obou případech zajištěna zásobníkovým ohřívačem teplé vody a jako zdroj tepla je použita kaskáda třech plynových kondenzačních kotlů. Závěrem je hodnocení z hlediska prostorových nároků, vnitřního prostředí a ekonomických nákladů.

Třetí část je zaměřena na experimentální měření teplot stropního teplovodního vytápění. Výstupem jsou grafy, snímky pořízené termokamerou a zhodnocení provozu stropního vytápění.



# SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

## LITERATURA

- [1] BAŠTA, J. 2010 *Velkoplošné sálavé vytápění*. Praha: Grada Publishing a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3524-5.
- [2] POČINKOVÁ, M. 2006 *TZB II-vytápění budov, sálavé otopné plochy*. Brno: 2006
- [6] VRÁNA, J. A KOL. 2007 *Technická zařízení budov praxi*. Praha: Grada Publishing a.s., 2007. ISBN 978-80-247-1588-9.

## INTERNETOVÉ ZDROJE

- [3] [www.wolfcr.cz](http://www.wolfcr.cz)
- [4] [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)
- [5] [www.rehau.cz](http://www.rehau.cz)
- [7] [www.abs-portal.cz/tzb](http://www.abs-portal.cz/tzb)
- [8] [www.anhydrit-podlahy.cz](http://www.anhydrit-podlahy.cz)
- [9] [www.fce.vutbr.cz/rubinova.o/prednasky/tp02.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/rubinova.o/prednasky/tp02.pdf)
- [10] [ottp.fme.vutbr.cz/pavelek/termo/15\\_Prenos.pdf](http://ottp.fme.vutbr.cz/pavelek/termo/15_Prenos.pdf)
- [11] [www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp03.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp03.pdf)

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

$d$	[m]	TLOUŠŤKA VRSTVY
$\lambda$	[W/mK]	SOUČINITEL TEPELNÉ VODIVOSTI
$R$	[m <sup>2</sup> K/W]	TEPELNÝ ODPOR
$R_{si}$	[m <sup>2</sup> K/W]	TEPEPLNÝ ODPOR PŘI PŘESTUPU TEPLA V INTERIÉRU
$R_{se}$	[m <sup>2</sup> K/W]	TEPEPLNÝ ODPOR PŘI PŘESTUPU TEPLA V EXTERIÉRU
$U$	[W/m <sup>2</sup> K]	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA
$b$	[-]	ČINITEL TEPLOTNÍ REDUKCE
$H_{T,i}$	[W/K]	MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA
$A$	[m <sup>2</sup> ]	PLOCHA
$\Phi_{T,i}$	[W]	TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM
$\Phi_{V,i}$	[W]	TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM
$w$	[m/s]	RYCHLOST
$Q_m$	[W]	POTŘEBNÝ VÝKON
$V_{W,f}$	[m <sup>3</sup> /den]	DENNÍ POTŘEBA TEPLÉ VODY
$Q_{2t}$	[kWh/den]	TEPLO ODEBRANÉ
$Q_{2z}$	[kWh/den]	TEPLO ZTRACENÉ
$Q_{2p}$	[kWh/den]	TEPLO CELKEM
$V_Z$	[l]	OBJEM ZÁSOBNÍKU
$Q_{1n}$	[kW]	JMENOVITÝ VÝKON OHŘEVU
$Q_{POŽ1}$	[kW]	POŽADOVANÝ VÝKON ZDROJE
$V_P$	[m <sup>3</sup> ]	OBJEM VODY V POTRUBÍ
$V_K$	[m <sup>3</sup> ]	OBJEM VODY V KOTLI
$h$	[m]	VÝŠKA OTOPNÉ SOUSTAVY
$h_{MR}$	[m]	VÝŠKA MANOMETRICKÉ ROVINY
$p_k$	[kPa]	NEJNIŽŠÍ KONSTRUKČNÍ PŘETLAK

$t_{\max}$	[°C]	MAXIMÁLNÍ TEPLOTA OTOPNÉ VODY
$V_e$	[m <sup>3</sup> ]	EXPANZNÍ OBJEM
$p_d$	[kPa]	NEJNIŽŠÍ PROVOZNÍ PŘETLAK
$p_h$	[kPa]	NEJVYŠŠÍ PROVOZNÍ PŘETLAK
$V_{ep}$	[m <sup>3</sup> ]	OBJEM EXPANZNÍ NÁDOBY
$d_p$	[mm]	PRŮMĚR EXPANZNÍHO POTRUBÍ
$S_o$	[mm <sup>2</sup> ]	PRŮŘEZ SEDLA POJISTNÉHO VENTILU
$V$	[m <sup>3</sup> ]	OBJEM MÍSTNOSTI
$V_{\min}$	[m <sup>3</sup> /h]	PRŮTOK VZDUCHU PRO VĚTRÁNÍ
$t_i$	[°C]	VNITŘNÍ VÝPOČTOVÁ TEPLOTA
$t_e$	[°C]	VENKOVNÍ VÝPOČTOVÁ TEPLOTA
$Q_{zisk}$	[W]	TEPELNÉ ZISKY
$t_1$	[°C]	VSTUPNÍ TEPLOTA VODY
$t_2$	[°C]	VÝSTUPNÍ TEPLOTA VODY
$E_{TV,d}$	[kWh/den]	TEPLO PRO OHŘEV VODY
$k_t$	[-]	KOREKCE VSTUPNÍ TEPLoty
$E_{TV,rok}$	[MWh/rok]	ROČNÍ POTŘEBA TEPLA
$\eta_{distr}$	[%]	ÚČINNOST DISTRIBUCE
$E_{TV,sk}$	[MWh/rok]	SPOTŘEBA ENERGIE
$t_{is}$	[°C]	PRŮMĚRNÁ TEPLOTA MÍSTNOSTI
$t_{es}$	[°C]	PRŮMĚRNÁ VENKOVNÍ TEPLOTA
$E$	[MWh/rok]	CELKOVÁ ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Tepelná rovnováha .....	5
Obrázek č. 2 Teplota těla v chladném a teplém prostředí .....	6
Obrázek č. 3 Ukazatel PPD .....	7
Obrázek č. 4 Proudění .....	8
Obrázek č. 5 Vedení .....	8
Obrázek č. 6 Sálání .....	9
Obrázek č. 7 Podlahové vytápění na systémovou desku .....	10
Obrázek č. 8 Podlahové vytápění pomocí vodičích lišt .....	11
Obrázek č. 9 Suchý systém podlahového vytápění .....	11
Obrázek č. 10 Podlahové vytápění na suchý zip .....	12
Obrázek č. 11 Dilatace podlahového vytápění .....	13
Obrázek č. 12 Elektrické podlahové vytápění .....	14
Obrázek č. 13 Stěnové vytápění .....	15
Obrázek č. 14 Mokrý systém stěnového vytápění .....	16
Obrázek č. 15 Suchý systém podlahového vytápění .....	16
Obrázek č. 16 Intenzita sálání stropních panelů .....	17
Obrázek č. 17 Vrstvy polybutylenové trubky .....	18
Obrázek č. 18 Trubka PEX-AL-PEX .....	19
Obrázek č. 19 Rozdělovač a sběrač podlahového vytápění .....	20
Obrázek č. 20 Skříň rozdělovače .....	20
Obrázek č. 21 Fotografie měřené místnosti .....	84
Obrázek č. 22 Fotografie měřené místnosti 2 .....	84
Obrázek č. 23 Čidlo č. 1 (dřevěná podlaha) .....	85
Obrázek č. 24 Čidlo č. 2 (dlažba) .....	85
Obrázek č. 25 Čidlo č. 3 (vnitřní stěna) .....	86
Obrázek č. 26 Čidlo č. 4 (obvodová zeď) .....	86
Obrázek č. 27 Čidlo č. 5 (topný strop) .....	87

Obrázek č. 28 Čidlo č. 6 (prostorová teplota) .....	87
Obrázek č. 29 Termokamera FLIR E50 .....	88
Obrázek č. 30 MM-2 modul .....	89
Obrázek č. 31 Ovládací BM-2 modul .....	90
Obrázek č. 32 Modul rozhraní ISM7.....	91
Obrázek č. 33 Fotografie přípojovacího potrubí .....	96
Obrázek č. 34 Termosnímek přípojovacího potrubí.....	96
Obrázek č. 35 Fotografie stropního vytápění .....	97
Obrázek č. 36 Termosnímek stropního vytápění.....	97
Obrázek č. 37 Fotografie stropního vytápění 2 .....	98
Obrázek č. 38 Termosnímek stropního vytápění 2.....	98
Obrázek č. 39 Fotografie stropního vytápění 3 .....	99
Obrázek č. 40 Termosnímek stropního vytápění 3.....	99
Obrázek č. 41 Fotografie stropního vytápění 4 .....	100
Obrázek č. 42 Termosnímek stropního vytápění 4.....	100
Obrázek č. 43 Fotografie stropního vytápění 5 .....	101
Obrázek č. 44 Termosnímek stropního vytápění 5.....	101
Obrázek č. 45 Fotografie stropního vytápění 6 .....	102
Obrázek č. 46 Termosnímek stropního vytápění 6.....	102
Obrázek č. 47 Fotografie stropního vytápění 7 .....	103
Obrázek č. 48 Termosnímek stropního vytápění 7.....	103

## SEZNAM PŘÍLOH

Výkres č. 1 – Půdorys podlahového vytápění	M 1:100
Výkres č. 2 – Rozvinutý řez – podlahové vytápění	M 1:50
Výkres č. 3 – Schéma zapojení – podlahové vytápění	M 1:25
Výkres č. 4 – Půdorys tech. místnosti – podlahové vytápění	M 1:25
Výkres č. 5 – Půdorys stěnového vytápění	M 1:100
Výkres č. 6 – Rozvinutý řez – stěnové vytápění	M 1:50
Výkres č. 7 – Pohledy stěnového vytápění	M 1:50
Výkres č. 8 – Schéma zapojení – stěnové vytápění	M 1:25
Výkres č. 9 – Půdorys tech. místnosti – stěnové vytápění	M 1:25